

ARTIKEL ILMIAH

**PENGEMBANGAN APLIKASI ANALISIS DAN DESAIN PENAMPANG
BALOK BETON BERTULANG DENGAN BAHASA PEMROGRAMAN *VISUAL
BASIC OF APPLICATION* (VBA) SESUAI SNI 2847-2019**

*Development of Reinforced Concrete Beam Analysis And Section Design Using
Visual Basic of Application (VBA) Programming Language According to
SNI 2847-2019*

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh:

KHAERUL ZUBAIDI

F1A 016 073

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM**

2023

ARTIKEL ILMIAH

PENGEMBANGAN APLIKASI ANALISIS DAN DESAIN PENAMPANG BALOK BETON BERTULANG DENGAN BAHASA PEMROGRAMAN *VISUAL BASIC OF APPLICATION (VBA) SESUAI SNI 2847-2019*

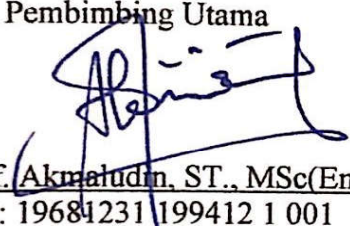
*Development of Reinforced Concrete Beam Analysis and Section Design Using
Visual Basic of Application (VBA) Programming Language According to
SNI 2847-2019*

Oleh:

Khaerul Zubaidi
F1A 016 073

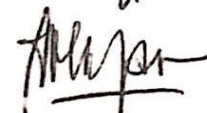
Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing:

1. Pembimbing Utama


Prof. Akmaludin, ST., MSc(Eng.), Ph.D
NIP: 19684231199412 1 001

Tanggal: 12/07/2023

2. Pembimbing Pendamping


Ir. Suryawan Murtiadi, M.Eng., Ph.D
NIP: 19580718 199303 1 001

Tanggal: 12/07/2023

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Pariyati, ST., M.Sc.(Eng), Dr.Eng.
NIP. 19734027 199802 1 001

ARTIKEL ILMIAH

PENGEMBANGAN APLIKASI ANALISIS DAN DESAIN PENAMPANG BALOK BETON BERTULANG DENGAN BAHASA PEMROGRAMAN *VISUAL BASIC OF APPLICATION (VBA)* SESUAI SNI 2847-2019

*Development of Reinforced Concrete Beam Analysis and Section Design Using
Visual Basic of Application (VBA) Programming Language According to
SNI 2847-2019*

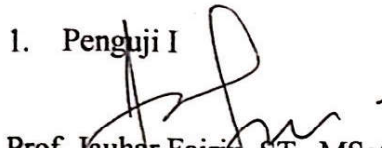
Oleh:

Khaerul Zubaidi
F1A 016 073

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 12 Juni 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat Sarjana S-1
Jurusan Teknik Sipil

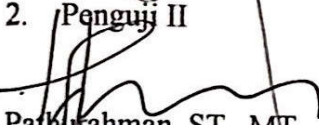
Susunan Tim Penguji

1. Penguji I


Prof. Jauhar Fajrin, ST., MSc(Eng.), Ph.D
NIP: 19740607 199802 1 001


Tanggal: 11/07/2023

2. Penguji II


Pahlulrahman, ST., MT.
NIP: 19661231 199403 1 018

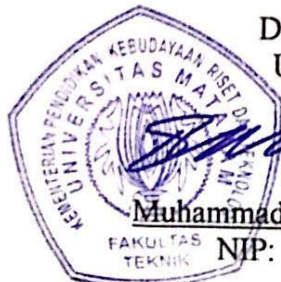
Tanggal: 11/07/2023

3. Penguji III


Suparjo, ST., MT.
NIP: 19670814 199412 1 001

Tanggal: 12/07/2023

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Muhammad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D
NIP: 19720222 199903 1 002

Pengembangan Aplikasi Analisis dan Desain Penampang Balok Beton Bertulang dengan Bahasa Pemrograman *Visual Basic of Application* (VBA) sesuai SNI 2847-2019

Khaerul Zubaidi¹, Suryawan Murtiadi², Akmaludin³

¹Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

²Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS MATARAM

INTISARI

Analisis dan desain penampang beton bertulang secara manual memiliki resiko kesalahan dalam perhitungan yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena banyaknya proses perhitungan serta membutuhkan waktu yang lama dalam menghitung elemen-elemen struktur pada sebuah bangunan yang memiliki ragam variasi. Sehingga bisa berakibat pada tingkat ketelitian dan keakuratan yang kurang bahkan kesalahan dalam perhitungan dan perancangan. Pengembangan aplikasi ini bertujuan untuk membantu pengguna untuk mempermudah dan mempercepat proses analisis dan desain perencanaan struktur beton. Aplikasi dibuat menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic* yang ada pada aplikasi *Microsoft Excel*.

Aplikasi ini sangat bermanfaat bagi seorang ahli di bidang Teknik Sipil khususnya di bidang Rekayasa Struktur, karena dapat membantu dalam melaksanakan tugasnya merencanakan suatu struktur beton bertulang. Aplikasi yang dikembangkan diharapkan memiliki kemampuan untuk melakukan analisis dan desain lentur dari penampang beton bertulang tunggal yang berbentuk persegi. Standar acuan yang digunakan dalam analisis dan desain penampang beton bertulang tersebut adalah SNI 2847:2019 tentang “Persyaratan Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung”. Aplikasi yang dikembangkan diberi nama *CountBeam.v1* telah dapat digunakan dengan baik dan akurat, untuk keperluan analisis terdapat perbandingan perhitungan 0,01 terhadap hasil perhitungan manual.

Kata Kunci: beton bertulang, analisis, desain, aplikasi, *visual basic*

*Development of Reinforced Concrete Beam Analysis and Section Design Using
Visual Basic of Application (VBA) Programming Language According to
SNI 2847-2019*

Khaerul Zubaidi¹, Suryawan Murtiadi², Akmaludin³

¹Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

²Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS MATARAM

ABSTRACT

Analysis and design of reinforced concrete sections manually has a higher risk of errors in calculations. This is because there are many calculation processes and it takes a long time to calculate structural elements in a building that has a variety of variations. So that it can result in a level of accuracy and accuracy that is less even errors in calculations and designs. The development of this application aims to help users to simplify and speed up the process of analysis and design of concrete structure planning. Applications are made using the Visual Basic programming language in the Microsoft Excel application.

This application is very useful for an expert in the field of Civil Engineering, especially in the field of Structural Engineering, because it can assist in carrying out his duties in planning a reinforced concrete structure. The developed application is expected to have the ability to perform flexural analysis and design of a single rectangular reinforced concrete cross section. The reference standard used in the analysis and design of reinforced concrete sections is SNI 2847:2019 concerning "Requirements for Reinforced Concrete for Buildings". The application developed is named CountBeam.v1 and can be used properly and accurately. For analysis purposes, there is a calculation ratio of 0.01 to the results of manual calculations.

Keywords: reinforced concrete, analysis, design, application, visual basic

penampang balok bertulang. Aplikasi dibuat dengan bahasa pemrograman *visual basic for application*.

Penelitian berbasis pemrograman ini juga banyak di kembangkan oleh penelitian sebelumnya seperti (Purnomo Y, 2010) menulis tentang pembuatan program *visual basic* yang diberi nama Program *QuakeCon* sebagai alat bantu menghitung struktur beton bertulang terhadap ketahanan gempa dengan hasil perhitungan yang lebih cepat dan akurat. (Nadiatus, 2016) menulis tentang perancangan dan analisis struktur pelat beton bertulang menggunakan *Microsoft Visual Basic Express 2010*, dengan bahasanya yang mudah dimengerti dan sederhana untuk pembuatan aplikasi secara mudah dan cepat. Program dibuat dengan *source code* yang sesuai dengan SNI 03-2847-2002 tentang tata cara perhitungan beton untuk bangunan gedung. Program ini dinamai program RC-SLAB v1.0. (Bagio et al., 2021) menulis tentang pembuatan alat bantu hitung dalam menganalisis struktur beton pada balok dan kolom dengan menggunakan pemrograman TI (*Texas Instrument*) yang dapat diterapkan pada *smartphone*. Pemrograman menggunakan TI (*Texas Instrument*) berbeda dengan pemrograman menggunakan PC. Perhitungan disesuaikan dengan SNI 2847:2019.

2. Rumusan Masalah

Apakah aplikasi ini bisa menjadi alternatif untuk analisis dan desain struktur balok beton bertulang?

3. Batasan Masalah

1. Analisis pada balok tulangan tunggal
2. Desain pada balok tulangan tunggal
3. Hanya membahas balok persegi

4. Pemrograman komputer menggunakan *Visual Basic for Application*
5. Hanya berdasarkan SNI 2847:2019

4. Tujuan Penelitian

Membantu pengguna untuk mempermudah dan mempercepat proses analisis dan desain perancangan struktur balok beton bertulang berdasarkan SNI 2847:2019

5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi, masukan dan menambah wacana keilmuan.

DASAR TEORI

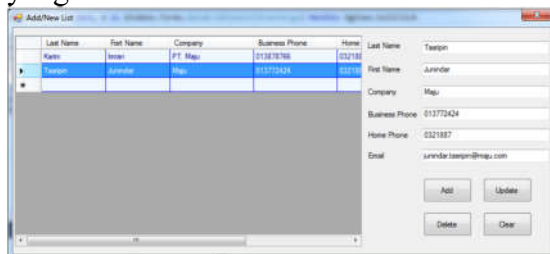
1. Visual Basic

Visual basic merupakan bahasa pemrograman komputer yang berisi perintah-perintah atau instruksi yang dimengerti oleh komputer untuk melakukan tugas-tugas tertentu. Bahasa pemrograman *visual basic* memiliki kelebihan mudah dimengerti sehingga pemrograman di dalam bahasa *basic* mudah dilakukan meskipun oleh pembelajar baru. *Visual basic* disebut juga sebagai sarana untuk menghasilkan program-program aplikasi berbasis windows. *Visual Basic* pertama kali dipublikasikan tahun 1991. *Visual Basic* merupakan turunan bahasa pemrograman *basic* dan menawarkan pengembangan perangkat lunak komputer berbasis grafik dengan cepat atau dapat diartikan pula sebagai bahan pemrograman yang menawarkan *Integrated Development Environment* (IDE) *visual* untuk membuat program perangkat lunak berbasis sistem operasi *Microsoft Windows* dengan menggunakan *Componen Object Model* (COM).

Pengembangan ini menggunakan *Visual Basic for Application* (VBA). *Visual Basic for Application* (VBA) adalah

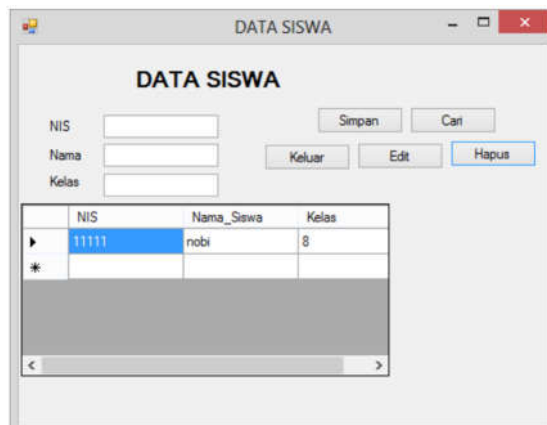
sebuah turunan bahasa pemrograman *Visual Basic* yang dikembangkan oleh *Microsoft Excel*. Dengan menggunakan *Visual Basic for Application (VBA)* dapat mempersingkat pekerjaan-pekerjaan pengolahan data pada *Microsoft Excel*. *Macro Excel* ini sangat berguna untuk tugas-tugas yang kompleks dan berulang-ulang dan dilakukan secara regular, sedangkan *Visual Basic for Application (VBA)* dipergunakan untuk membantu melakukan kontrol terhadap objek-objek yang terdapat di dalamnya.

Beberapa contoh aplikasi yang dapat dibuat dengan *visual basic* di kalangan perusahaan, bisnis, sekolah atau instansi yang lain.



Gambar3. Contoh Aplikasi *Visual Basic10*

(Sumber: Junindar 2010)



Gambar4. Contoh Aplikasi *Visual Studio 2010*

(Sumber: Permana 2010)

Beberapa keunggulan *visual basic* (Al-Fatih, 2015) diantaranya:

1. Bahasa yang sederhana. Banyak hal yang mungkin sulit dilakukan jika kita menggunakan bahasa pemrograman lainnya, akan dapat dilakukan dengan

mudah dengan menggunakan *visual basic*.

2. Karena *visual basic* sangat populer, maka sangat banyak sumber-sumber yang dapat kita gunakan untuk belajar dan mengembangkan kemampuan baik berupa buku, web site dll.
3. Kita bisa memperoleh banyak tools baik gratis maupun tidak di internet yang akan sangat membantu menghemat waktu kita dalam pemrograman.

2. Struktur Beton Bertulang

Beton bertulang merupakan beton struktural yang ditulangi dengan tidak kurang dari jumlah baja prategang atau tulangan nonprategang minimum yang ditetapkan dalam standar ini. Beton polos merupakan beton struktur tanpa tulangan atau dengan tulangan kurang dari jumlah minimum yang ditetapkan untuk beton bertulang (Bandar Standardisasi Nasional 2019)

3. Analisis Balok Beton Bertulang Tunggal

Terdapat beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam analisis beton bertulang, diantaranya:

1. Persyaratan kekuatan tekan

Standar ini menjelaskan nilai minimum berat jenis beton (f_c') untuk struktur beton. Tidak ada batasan untuk nilai maksimum f_c' kecuali disyaratkan oleh ketentuan standar yang spesifik. Nilai dari f_c' harus dispesifikasikan dalam dokumen konstruksi dan harus sesuai dengan persyaratan pada Tabel1 berikut:

Tabel1. Nilai minimum Berat Jenis Beton (f'_c)

kegunaan	Jenis beton	Nilai f'_c minimum (MPa)	Nilai f'_c maksimum (MPa)
umum	Berat normal dan berat ringan	17	Tidak ada Batasan
Sistem rangka pemikul momen khusus dan dinding structural khusus	Berat normal	21	Tidak ada Batasan
	Berat ringan	21	35

(Sumber: Standar Nasional Indonesia, 2019)

2. Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas beton, E_c , diizinkan untuk dihitung berdasarkan

a) atau b):

a) Untuk nilai w_c di antara 1400 dan 2560 kg/m^3

$$E_c = w_c^{1,5} 0,043 \sqrt{f'_c} \dots \dots \dots (1)$$

b) Untuk beton normal

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \dots \dots \dots (2)$$

3. Properti Desain Baja

Untuk batang dan kawat nonprategang, tegangan di bawah f_y adalah E_s dikalikan dengan regangan baja. Untuk regangan lebih besar dari regangan yang menyebabkan f_y maka tegangan harus dianggap tidak terpengaruh dengan regangan dan sama dengan f_y .

Modulus elastisitas (E_s) adalah perbandingan antara tegangan normal terhadap regangan terkait untuk tegangan tarik atau tekan dibawah batas proporsional material. Untuk batang dan kawat nonprategang diizinkan untuk diambil sebesar 200.000 Mpa. (Bandar Standarisasi Nasional 2019)

4. Distribusi Tegangan Tekan Ekuivalen

Balok distribusi tegangan yang dianggap segi empat tersebut didefinisikan sebagai berikut:

a. Tegangan tekan merata sebesar $0,85 f'_c$ diasumsikan terdistribusi merata pada daerah tekan ekuivalen

yang dibatasi oleh tepi penampang dan suatu garis lurus yang sejajar sumbu netral sejarak $a = \beta_1 c$ dari serat beton yang mengalami regangan tekan maksimum.

b. Jarak c dari serat dengan regangan tekan maksimum ke sumbu netral harus diukur tegak lurus sumbu tersebut.

c. Faktor β_1 dapat dihitung sebagai berikut :

Untuk kuat tekan beton

$$17 \leq f'_c \leq 28, \quad \beta_1 = 0,85 \dots \dots \dots (3)$$

$$28 < f'_c < 55, \quad \beta_1 = 0,85 - 0,05 \times \frac{f'_c - 28}{7} \dots \dots \dots (4)$$

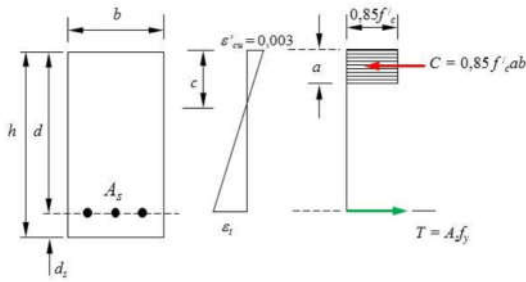
$$f'_c > 55, \quad \beta_1 = 0,65 \dots \dots \dots (5)$$

5. Faktor Reduksi Kekuatan

Kuat nominal dari suatu komponen struktur (baik yang memikul lentur, beban aksial, geser maupun puntir), yang dihitung berdasarkan kaidah – kaidah yang berlaku, harus dikalikan dengan suatu faktor reduksi yang besarnya kurang dari satu. Nilai faktor reduksi (ϕ) yang diatur dalam SNI 2847:2019, pasal 21.

4. Desain Penampang Balok Beton Bertulang Tunggal

Proses desain penampang merupakan kebalikan dari proses analisis. Jika dalam proses analisis, output yang diharapkan adalah berupa kapasitas dari penampang, maka dalam proses desain output yang diharapkan adalah berupa luas tulangan yang diperlukan



Gambar5. Diagram Regangan Dan Tegangan Balok Bertulangan Tunggal (Sumber: Handoko and Setiawan 2017)

Momen nominal dari suatu balok persegi bertulangan tunggal dihitung dengan mengalikan nilai C atau T pada Gambar3 dengan jarak antara kedua gaya.

$$M_n = C \cdot z = T \cdot z$$

$$M_n = 0,85f'_c \cdot a \cdot b \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

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

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \left(d - \frac{A_s \cdot f_y}{1,7f'_c \cdot b} \right)$$

$$= \phi \rho f_y b d^2 \left(1 - \frac{\rho \cdot f_y}{1,7 \cdot f'_c} \right)$$

$$\phi M_n = R_u b d^2 \dots\dots\dots(6)$$

dengan

$$\rho = \frac{A_s}{b d} \dots\dots\dots(7)$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{(0,85f'_c \cdot b)} \dots\dots\dots(8)$$

$$R_u = \phi \rho f_y \left(1 - \frac{\rho \cdot f_y}{1,7 \cdot f'_c} \right) \dots\dots\dots(9)$$

R_u akan mencapai kondisi maksimum disaat ρ juga maksimum. Apabila momen terfaktor yang bekerja pada balok cukup kecil, sehingga luas tulangan baja yang dibutuhkan juga sedikit, maka dalam peraturan (SNI 2847:2019 pasal 9.6.1) disyaratkan perlunya memberikan tulangan minimum, yang besarnya dapat dihitung sebagai berikut:

$$A_{s \min} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w \cdot d \geq \frac{1,4}{f_y} b_w \cdot d \dots\dots\dots(10)$$

atau dapat dinyatakan dalam bentuk rasio tulangan :

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} \geq \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots(11)$$

Setelah menemukan A_s , cek kembali terhadap syarat $A_{s \max}$ dan $A_{s \min}$. Cek kembali nilai ϕ yang dipakai, berdasarkan nilai ϵ_t .

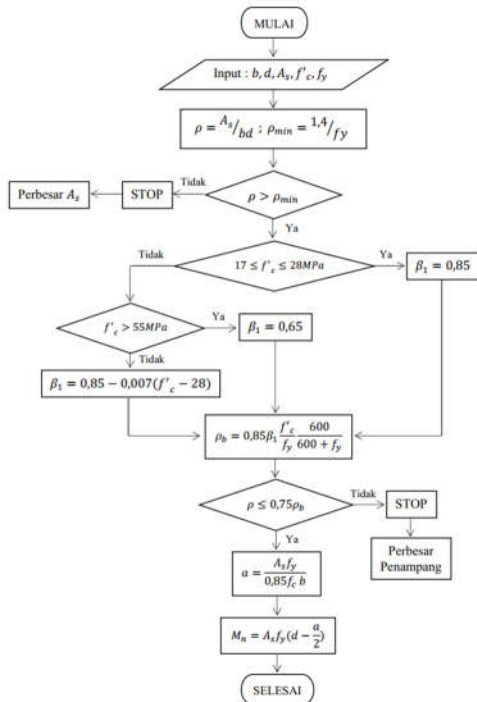
$$\epsilon_t = \left(\frac{d-c}{c} \right) 0,003 \dots\dots\dots(12)$$

Adapun syarat jarak antar tulangan harus memenuhi beberapa acuan dalam SNI 2847:2019 diantaranya :

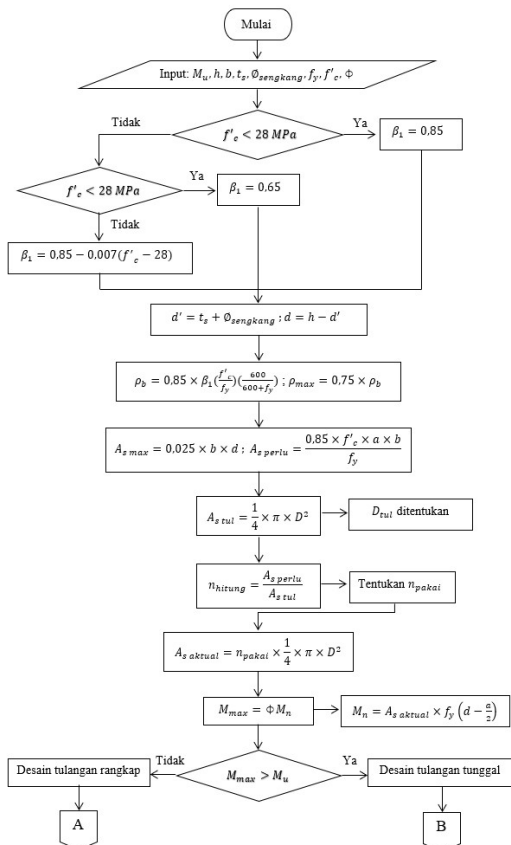
- a. Jarak antar poros tulangan dalam satu lapis tidak kurang dari ukuran diameter tulangan ($\geq d_b$), namun juga tidak kurang dari 25 mm.
- b. Jarak antar lapis tulangan dalam arah vertikal tidak boleh kurang dari 25 mm.
- c. Ketentuan tebal selimut beton yang disyaratkan. Dalam pasal SNI 2847:2019 pasal 20.6.1.3.3 disebutkan bahwa untuk penampang balok dan kolom dianjurkan mengambil selimut beton setebal 40 mm, sedangkan untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan tanah dapat diambil selimut beton setebal 20 mm.

METODE PENELITIAN

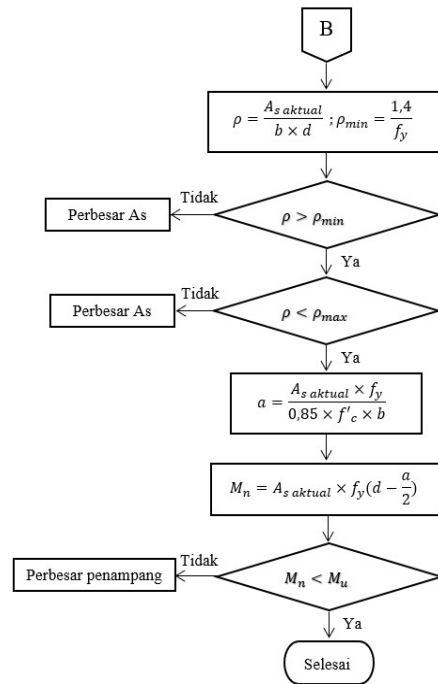
1. Bagan Alir



Gambar6. Analisis Tulangan Tunggal
(Sumber: Struktur Balok Beton, 2022)



Gambar7. Desain Balok Persegi



Gambar8. Desain Balok Tulangan Tunggal

2. Alat dan Bahan Pembuatan Software

Alat yang digunakan dalam pengembangan software berupa perangkat keras dan perangkat lunak.

1. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan oleh penulis dalam pengembangan software dapat dilihat pada Tabel2 berikut

Tabel2. Spesifikasi Perangkat Keras

Nama Perangkat	Spesifikasi
Device name	LAPTOP-BNS7OJ43
Processor	AMD Ryzen 3 7320U with Radeon Graphics 2.40 GHz
Installed RAM	8,00 GB

(Sumber: Lenovo IDEAPAD Slm1, 2021)

2. Perangkat Lunak

Tabel3. Spesifikasi Perangkat Lunak

Nama Perangkat	Spesifikasi
Operating Sistem	Windows 11 versi 21H2 Pro 64-bit
Tools Pembangun	Microsoft Excel 2021

(Sumber: Lenovo IDEAPAD S1m1, 2021)

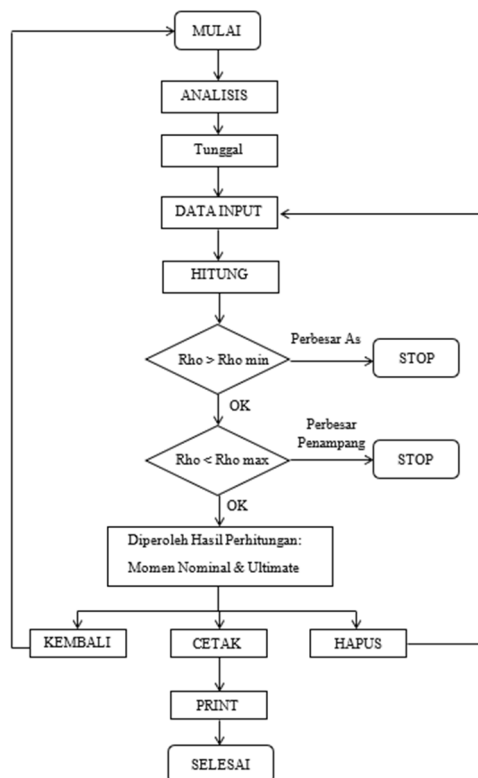
Bahan yang digunakan dalam pengembangan *software* adalah:

1. Syarat perancangan balok beton struktural berdasarkan SNI-2847-2019
2. Formula analisis dan desain pada *microsoft excel*
3. Hasil analisis dan desain dengan *microsoft excel*

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Balok Tulangan Tunggal

a. Prosedur Penggunaan Aplikasi *CountBeam.v1* pada Analisis Balok Tulangan Tunggal



Gambar9. Bagan Alir Aplikasi Analisis Tulangan Tunggal

Gambar6 menjelaskan bahwa pada aplikasi dimulai, maka aplikasi akan masuk ke halaman “home”. Ketika pengguna ingin melakukan analisis maka pengguna dapat memilih tombol “analisis”. Setelah itu akan muncul 2 pilihan yaitu tulangan tunggal dan rangkap, kemudian pengguna dapat memilih tulangan “tunggal”. Selanjutnya sistem akan menampilkan pengisian form analisis tulangan tunggal, lalu pengguna “mengisi data” yang akan dimasukkan. Setelah data input diisi, maka pilih “hitung”, maka akan muncul hasil perhitungan yang diinginkan. Terdapat beberapa syarat yang harus terpenuhi untuk melanjutkan perhitungan sehingga syarat-syarat harus “OK” maka dapat diperoleh hasil akhir. Jika ingin menghapus data sebelumnya maka pilih “hapus” maka akan kembali ke form pengisian data yang kosong. Jika ingin kembali, maka pilih tombol “kembali” sehingga akan kembali ke home. Sedangkan jika pilih cetak, maka data hasil perhitungan siap di print out atau disimpan dalam bentuk pdf.

b. Contoh Perhitungan Manual Analisis Balok Tulangan Tunggal

Tentukan kapasitas momen ultimate maksimum yang diizinkan dari penampang persegi dengan tinggi 450 mm, lebar 300 mm, selimut beton 60 mm. Jika $f'_c = 20$ MPa dan $f_y = 400$ MPa, digunakan tulangan tarik 3D22!

Penyelesaian

Diketahui:

$$h = 450 \text{ mm}$$

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

$$t_s = 60 \text{ mm}$$

$$f'_c = 20 \text{ MPa}$$

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

Tulangan tarik 3D22

Ditanya

$$M_u = \dots?$$

Jawab

- Luas Tulangan Tarik

$$A_s = \frac{1}{4} \times 3 \times \pi \times 22^2$$

$$= 1140,86 \text{ mm}^2$$
- Distribusi tekanan

$$\beta_1 = 0,85$$
- Tinggi efektif balok

$$d = h - t_s$$

$$= 450 - 60$$

$$= 390 \text{ mm}$$
- $$\rho = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$= \frac{1139,82}{300 \times 390}$$

$$= 0,0097$$
- $$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0035$$
- $$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0,85 \times 0,85 \times \frac{20}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$$

$$= 0,0217$$
- $$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,0217$$

$$= 0,0163$$
- Kontrol $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 < 0,0097 < 0,0163 \dots OK!$
- Tinggi blok tegangan

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

$$= \frac{1139,82 \times 400}{0,85 \times 20 \times 300}$$

$$= 89,398 \text{ mm}$$
- $$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

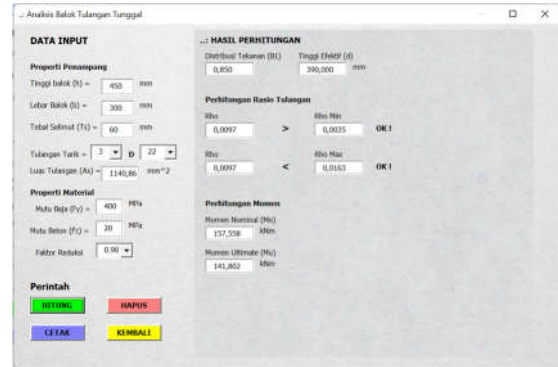
$$= 1139,82 \times 400 \times \left(390 - \frac{89,398}{2} \right)$$

$$= 157,558 \text{ kNm}$$
- $$M_u = \phi \times M_n$$

$$= 0,9 \times 141,802$$

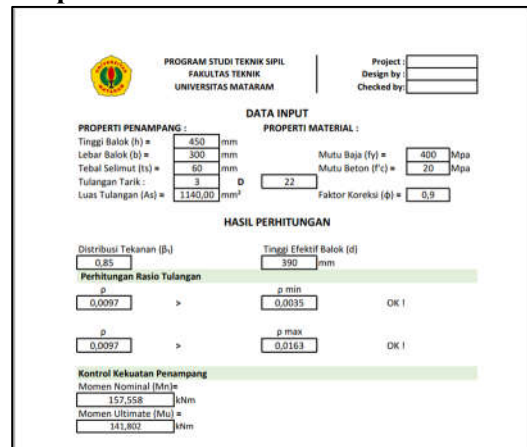
$$= 127,622 \text{ kNm}$$

c. Perhitungan dengan Aplikasi *CountBeam.v1*



Gambar10. Hasil Perhitungan Program Analisis Penampang Balok Tulangan Tunggal

d. Output Hasil Perhitungan dengan Aplikasi *CountBeam.v1*



Gambar11. Output Hasil Perhitungan Program Analisis Penampang Balok Tulangan Tunggal

e. Validasi Hasil Perhitungan Manual dengan Aplikasi *CountBeam.v1*

Tabel4. Validasi Hasil Analisis Perhitungan Manual dengan *CountBeam.v1*

No.	Uraian	Hitungan Manual	Hitungan Komputer
1	Data	$h = 450 \text{ mm}$ $b = 300 \text{ mm}$ $t_s = 60 \text{ mm}$ $f'_c = 20 \text{ MPa}$ $f_y = 400 \text{ MPa}$ Tulangan tarik 3D22	Masukkan data pada program
2	Luas Tulangan Tarik	$A_s = \frac{1}{4} \times 3 \times \pi \times 22^2$ $= 1140,86 \text{ mm}^2$	Perhitungan dilakukan oleh program = 1139,82 mm ²
3	Distribusi Tegangan	$(\beta_1) = 0,85$	Perhitungan dilakukan oleh program = 0,850

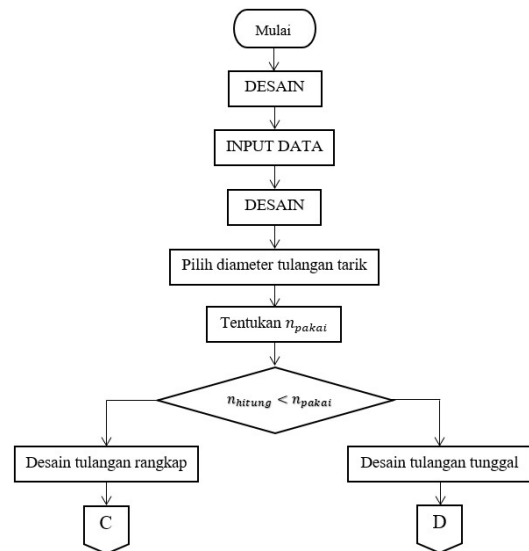
Tabel5. Lanjutan Validasi Hasil Analisis Perhitungan Manual dengan *CountBeam.v1*

4	Tinggi efektif balok	$d = h - t_s$ $= 450 - 60 = 390 \text{ mm}$	Perhitungan dilakukan oleh program = 390,000
5	Rasio Tulangan	$\rho = \frac{A_s}{b \times d}$ $= \frac{1139,82}{300 \times 390} = 0,0097$	Perhitungan dilakukan oleh program = 0,0097
6	Rasio Tulangan minimum	$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$ $= \frac{1,4}{400} = 0,0035$	Perhitungan dilakukan oleh program = 0,0035
7	Rasio Tulangan Balance	$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$ $= 0,85 \times 0,85 \times \frac{20}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$ $= 0,0217$	Perhitungan dilakukan oleh program
8	Rasio Tulangan Maksimum	$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$ $= 0,75 \times 0,0217 = 0,0163$	Perhitungan dilakukan oleh program = 0,0163
9	Kontrol Rasio Tulangan	Kontrol $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ $0,0035 < 0,0097 < 0,0163 \dots OK$	Perhitungan dilakukan oleh program = OK!
10	Tinggi Blok Tegangan	$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$ $= \frac{1139,82 \times 400}{0,85 \times 20 \times 300} = 89,398 \text{ mm}$	Perhitungan dilakukan oleh program
11	Momen Nominal	$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$ $= 1139,82 \times 400 \left(390 - \frac{89,398}{2} \right)$ $= 157,432 \text{ kNm}$	Perhitungan dilakukan oleh program = 157,558 kNm
12	Momen Ultimate	$M_u = \phi \times M_n$ $= 0,9 \times 157,432$ $= 141,802 \text{ kNm}$	Perhitungan dilakukan oleh program = 141,802 kNm

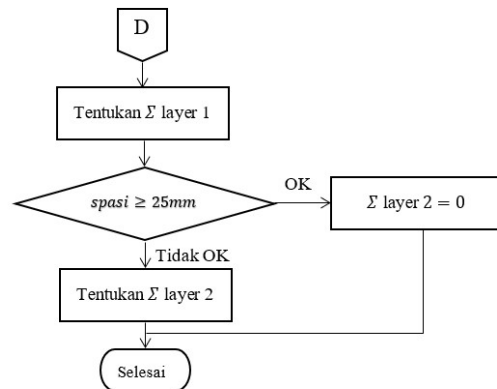
Berdasarkan hasil perbandingan hasil perhitungan manual dengan hasil pengoperasian menggunakan aplikasi *CountBeam.v1* dapat ditinjau selisih perhitungan yakni 0,001. Hal ini disebabkan karena pembulatan bilangan desimal yang digunakan.

2. Desain Balok Tulangan Tunggol

f. Prosedur Penggunaan Aplikasi *CountBeam.v1* pada Desain Balok Tulangan Tunggol



Gambar12. Bagan Alir Desain Analisis Tulangan Tunggol



Gambar13. Bagan Alir Aplikasi Desain Balok Persegi

g. Contoh Perhitungan Manual Desain Balok Tulangan Tunggol

Suatu balok dengan dimensi $500 \times 300 \text{ mm}$ memikul momen ultimit sebesar 200 kNm . Rencanakan tulangan tarik jika diketahui :

- 1) \emptyset sengkang = D10 – 200 mm
- 2) Tebal selimut beton (t_s) = 40 mm
- 3) Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- 4) Mutu beton (f'_c) = 30 MPa
- 5) Faktor reduksi (ϕ) = 0,9

Penyelesaian

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 h &= 500 \text{ mm} \\
 b &= 300 \text{ mm} \\
 Mu &= 200 \text{ kNm} \\
 \text{\textcircled{D}sengkang} &= D10 - 200 \text{ mm} \\
 ts &= 40 \text{ mm} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 f'_c &= 30 \text{ MPa} \\
 \phi &= 0,9
 \end{aligned}$$

Ditanya

Desain tulangan tarik !

Jawab

a. Distribusi tekanan

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) \\
 &= 0,85 - 0,05 \times \left(\frac{30-28}{7} \right) \\
 &= 0,836
 \end{aligned}$$

b. Tinggi efektif

$$\begin{aligned}
 d' &= ts + \text{\textcircled{D}sengkang} \\
 &= 40 + 10 \\
 &= 50 \text{ mm} \\
 d &= h - d' \\
 &= 500 - 50 \\
 &= 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c. \rho_b &= 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\
 &= 0,85 \times 0,836 \times \frac{30}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\
 &= 0,03197
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d. \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,03197 \\
 &= 0,02379
 \end{aligned}$$

e. Luas tulangan maksimum

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ max} &= 0,025 \times b \times d \\
 &= 0,025 \times 300 \times 450 \\
 &= 3375 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

f. Mencari tinggi blok tegangan

$$\phi Mn \geq Mu$$

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi}$$

$$Cc \times z = \frac{Mu}{\phi}$$

$$\begin{aligned}
 (0,85 \times f'_c \times a \times b) \left(d - \frac{a}{2} \right) &= \frac{Mu}{\phi} \\
 - \left(\frac{0,85 \times f'_c \times b}{2} \right) a^2 + (0,85 \times f'_c \times b \times d) a - \frac{Mu}{\phi} &= 0 \\
 - \left(\frac{0,85 \times 30 \times 300}{2} \right) a^2 + (0,85 \times 30 \times 300 \times 450) a - \frac{200}{0,9} &= 0 \\
 -3825a^2 + 3442500a - 222,22 \times 10^6 &= 0
 \end{aligned}$$

$$a_1 = 69,9957$$

$$a_2 = 830,004$$

Dipakai $a = 69,9957 \text{ mm}$

g. Luas tulangan tarik perlu

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \frac{0,85 \times f'_c \times a \times b}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 30 \times 69,9957 \times 300}{400} \\
 &= 1338,6678 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

h. Dicoba $\text{\textcircled{D}}$ tulangan tarik = D22, didapat luas tulangan,

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ tulangan} &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 22^2 \\
 &= 380,2857 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

i. Jumlah tulangan tarik

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \\
 &= \frac{1338,6678}{380,2857} \\
 &= 3,57 \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

j. Luas tulangan tarik aktual

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ aktual} &= n \times \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times D^2 \\
 &= 4 \times \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 22^2 \\
 &= 1521,143 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

k. Momen maksimum

$$\begin{aligned}
 M_{max} &= \phi M_n \\
 &= 0,9 \times A_s \text{ aktual} \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,9 \times 1521,143 \\
 &\times 400 \left(450 - \frac{69,9957}{2} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 227259941,565 \text{ Nmm} \\
 &= 227,260 \text{ kNm} \\
 M_{max} &> M_u \rightarrow \text{Desain tulangan tunggal}
 \end{aligned}$$

Detailing Tulangan

Asumsi tulangan satu lapis

g. Jarak antar tulangan tarik (s)

$$\begin{aligned}
 &b - ((2 \times ts) + (2 \times \phi_{beugel}) + (n \times \phi_{tul})) \\
 &= \frac{n-1}{4-1} \\
 &= \frac{300 - ((2 \times 40) + (2 \times 10) + (4 \times 22))}{4-1} \\
 &= 37,33 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{OK!!}
 \end{aligned}$$

h. Titik berat tulangan

$$\begin{aligned}
 y &= ts + \phi_{beugel} + \frac{\phi_{tul}}{2} \\
 &= 40 + 10 + \frac{22}{2} \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

i. Tinggi efektif aktual

$$\begin{aligned}
 d_{aktual} &= h - y \\
 &= 500 - 61 \\
 &= 439 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

j. Rasio tulangan

$$\begin{aligned}
 \rho_{aktual} &= \frac{A_s \text{ aktual}}{b \times d_{aktual}} \\
 &= \frac{1521,143}{300 \times 439} \\
 &= 0,01155
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,02397
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \because \rho_{min} &< \rho_{aktual} < \rho_{max} \\
 0,0035 &< 0,01155 < 0,02397 \rightarrow \text{OK!!}
 \end{aligned}$$

k. Tinggi blok tegangan

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \text{ aktual} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{1521,143 \times 400}{0,85 \times 30 \times 300} \\
 &= 79,5369 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

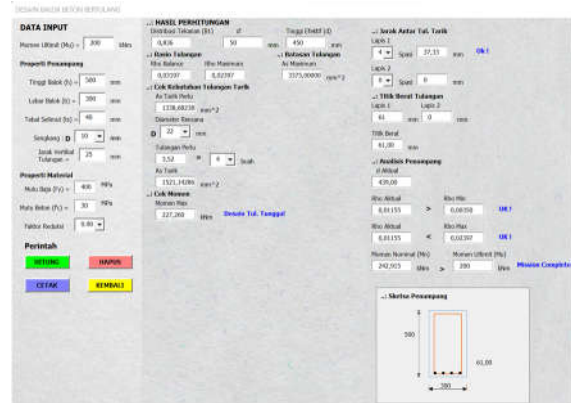
l. Momen nominal

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

$$\begin{aligned}
 &= 1521,143 \times 400 \\
 &\times \left(439 - \frac{79,5369}{2} \right) \\
 &= 242915311,06 \text{ Nmm} \\
 &= 242,915 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

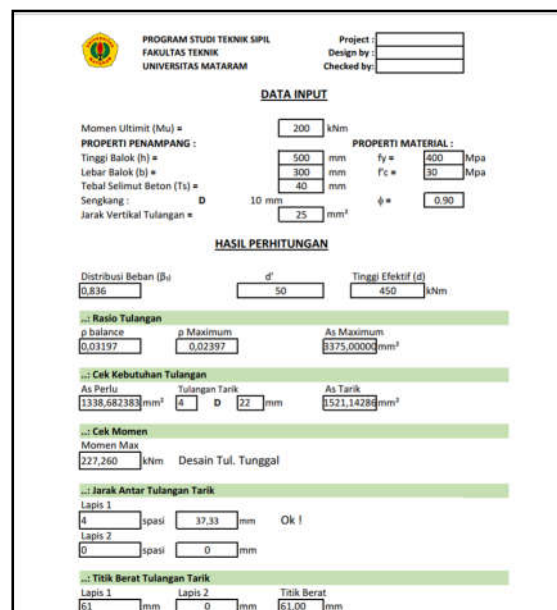
$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol : } M_n &> M_u \\
 242,915 \text{ kNm} &> 200 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK!!!}
 \end{aligned}$$

h. Perhitungan dengan Aplikasi CountBeam.v1

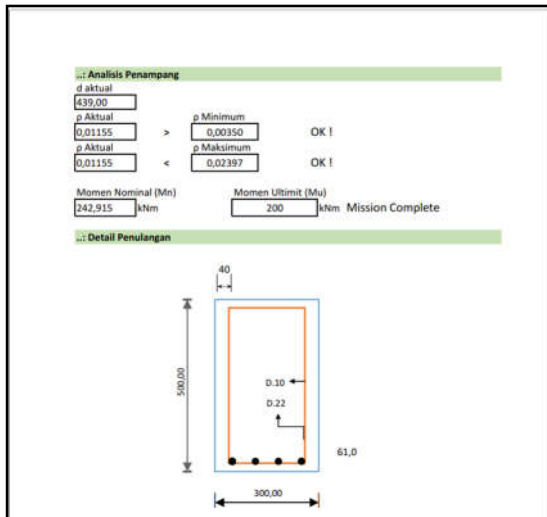


Gambar14. Hasil Perhitungan Program Desain Penampang Balok Tulangan Tunggal

i. Output Hasil Perhitungan dengan Aplikasi CountBeam.v1



Gambar15. Output Hasil Perhitungan Program Desain Penampang Balok Tulangan Tunggal



Gambar16. Lanjutan Output Hasil Perhitungan Program Desain Penampang Balok Tulangan Tunggal

j. Validasi Perhitungan Manual dengan Program VBA

Tabel6. Validasi Hasil Perhitungan Manual dengan *CountBeam.vl*

No.	Uraian	Hitungan Manual	Hitungan Program
1.	Input Data	$h = 500 \text{ mm}$ $b = 300 \text{ mm}$ $M_u = 200 \text{ kNm}$ $\phi_{sengkang} = D10 - 200$ Jarak vertikal tulangan = 25 mm $t_s = 40 \text{ mm}$ $f_y = 400 \text{ MPa}$ $f'_c = 30 \text{ MPa}$ $\phi = 0,9$	Masukkan data pada program
2.	β_1	0,836	0,836
3.	$d^l \text{ (mm)}$	50	50
4.	$d \text{ (mm)}$	450	450
5.	ρ_b	0,03197	0,03197
6.	ρ_{max}	0,02397	0,02397
7.	$A_s \text{ max (mm}^2\text{)}$	3375	3375
8.	$a \text{ (mm)}$	69,996	Perhitungan dilakukan oleh program
9.	$A_s \text{ perlu (mm}^2\text{)}$	1338,6678	1338,68238
10.	$A_s \text{ tulangan D22 (mm}^2\text{)}$	380,2857	Perhitungan dilakukan oleh program
11.	$n \text{ (buah)}$	$3,57 \approx 4$	$3,52 \approx 4$
12.	$A_s \text{ aktual (mm}^2\text{)}$	1521,143	1521,14286
13.	$M_{max} \text{ (kNm)}$	227,260	227,260
14.	$d_{aktual} \text{ (mm)}$	439	439
15.	ρ_{aktual}	0,01155	0,01155
16.	ρ_{min}	0,0035	0,0035
17.	$M_n \text{ (kNm)}$	242,915	242,915

2. Pembahasan

Berdasarkan contoh dan validasi hitungan maka, *Count.Beam.vl* merupakan program yang diusulkan untuk perhitungan analisis dan desain balok beton bertulang secara cepat, tepat, dan akurat berdasarkan SNI 2847:2019.

Hasil dari salah satu contoh perhitungan analisis struktur balok beton bertulang secara manual *versus* aplikasi

memberikan hasil luas tulangan secara manual didapat $A_s = 1140,86 \text{ mm}^2$ dengan aplikasi didapat $A_s = 1140,86 \text{ mm}^2$, rasio tulangan secara manual didapat $\rho = 0,0097$ dengan aplikasi didapat $\rho = 0,0097$, rasio tulangan minimum secara manual didapat $\rho_{min} = 0,0035$ dengan aplikasi didapat $\rho_{min} = 0,0035$, rasio tulangan maksimum secara manual didapat $\rho_{max} = 0,0163$ dengan aplikasi didapat $\rho_{max} = 0,0163$, momen nominal secara manual didapat $M_n = 157,432 \text{ kNm}$ dengan aplikasi didapat $M_n = 157,558 \text{ kNm}$, momen ultimate secara manual didapat $M_u = 141,802 \text{ kNm}$ dengan aplikasi didapat $M_u = 141,802 \text{ kNm}$.

Adapun hasil dari salah satu contoh perhitungan desain balok beton bertulang secara manual *versus* aplikasi dengan data yang sama memberikan hasil tinggi efektif secara manual didapat $d = 450 \text{ mm}$ dengan aplikasi didapat $d = 450 \text{ mm}$, rasio tulangan maksimum secara manual didapat $\rho_{max} = 0,02397$ dengan aplikasi didapat $\rho_{max} = 0,02397$, luas tulangan maximum secara manual didapat $A_s \text{ max} = 3375 \text{ mm}^2$ dengan aplikasi didapat $A_s \text{ max} = 3375 \text{ mm}^2$, luas tulangan yang diperlukan secara manual didapat $A_s \text{ perlu} = 1338,6678 \text{ mm}^2$ dengan aplikasi didapat $A_s \text{ perlu} = 1338,6823 \text{ mm}^2$, selanjutnya dipilih diameter tulangan yang sama antara hitungan manual dengan aplikasi yaitu D22 maka didapat jumlah tulangan yang sama setelah dibulatkan sebanyak 4 buah, luas tulangan aktual secara manual didapat $A_s \text{ aktual} = 1521,143 \text{ mm}^2$ dengan aplikasi didapat $A_s \text{ aktual} = 1521,1428 \text{ mm}^2$, momen maksimum secara manual didapat $M_{max} = 227,260 \text{ kNm}$ dengan aplikasi didapat $M_{max} = 227,260 \text{ kNm}$, tinggi efektif aktual secara manual didapat $d_{aktual} = 439 \text{ mm}$ dengan aplikasi didapat $d_{aktual} = 439 \text{ mm}$, rasio tulangan aktual secara manual didapat $\rho_{aktual} = 0,01155$ dengan aplikasi didapat $\rho_{aktual} =$

0,01155, rasio tulangan minimum secara manual didapat $\rho_{min} = 0,0035$ dengan aplikasi didapat $\rho_{min} = 0,0035$, dan momen nominal secara manual didapat $M_n = 242,915 \text{ kNm}$ dengan aplikasi didapat $M_n = 242,915 \text{ kNm}$.

Terlihat bahwa perhitungan secara manual dan aplikasi memiliki selisih sangat kecil, maka aplikasi ini bisa digunakan sebagai alternatif perhitungan analisis struktur balok beton bertulang.

KESIMPULAN

Simpulan dari program aplikasi *CountBeam.v1* ini adalah :

1. Program ini dapat menjadi alternatif untuk perhitungan struktur balok beton bertulang karena memiliki selisih perhitungan sangat kecil (0,001) dengan perhitungan manual.
2. Program memiliki proses yang lebih cepat dari perhitungan manual dan dapat digunakan sebagai alternatif untuk proses perhitungan.
3. Program cukup mudah digunakan karena penyajiannya menggunakan bahasa indonesia.
4. Data yang dimasukkan dalam program dapat dicetak secara langsung.
5. Program ini mempunyai keterbatasan dalam penyimpanan data input ataupun output.
6. Program ini masih jauh dari sempurna, sehingga diperlukan perbaikan agar lebih baik kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

Akmaluddin & Suryawan Murtiadi, (2022), *Struktur Balok Beton (Bagian I Struktur Beton Bertulang)*, Mataram University Press.

Al-Fatih, A. N, (2015), *Rancang Bangun Aplikasi Pemetaan Database Jembatan di Dinas Bina Marga dan Cipta Karya Kabupaten Majalengka Menggunakan Visual Studio 2010 dan Mapinfo 12*, Aris Hikmawan,
https://www.academia.edu/38439397/Laporan_Kerja_Praktek.

Bagio, T., Baggio, E., Mudjanarko, S., & Naibaho, P, (2021), *Reinforced Concrete Beam And Column Programming Based On Sni:2847-2019 On Smartphone Using Texas Instruments*, Astonjadro, 10, 287,

<https://doi.org/10.32832/astonjadro.v10i2.5101>.

Bandar Standarisasi Nasional, (2019), *SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*,
<https://tekonsipil.sv.ugm.ac.id/file/sni-2847-2019-persyaratan-beton-struktural-untuk-bangunan-gedung-sni-1726-2019-persyaratan-beton-struktural-untuk-bangunan-gedung/>.

Handoko, P., & Setiawan, A, (2017), *Pengembangan Aplikasi Analisis Penampang Beton Bertulang Berbasis Android*. *Dinamika Rekayasa*, 13, 6,
<https://doi.org/10.20884/1.dr.2017.13.2.182>.

Junindar, (2010), *Step BY Step Menjadi Progremer Handal dengan VB.Net*,
https://www.academia.edu/14907117/Step_By_Step_Menjadi_Programmer_Handal_Dengan_VB_Net.

Nadiatus, S, (2016), *Pemrograman Komputer Untuk Struktur Pelat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Dengan Visual Basic [Skripsi, U N Y]*,
<http://eprints.uny.ac.id/30640/>.

Permana, B, (2010), *Aplikasi Edit Simpan Hapus Cari data Menggunakan Visual Basic*.
https://www.academia.edu/23889546/Budi_Aplikasi_Edit_Simpan_Hapus_Cari_data_Menggunakan_Visual_Basic.

Purnomo Y, S, (2010), *Perhitungan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Dengan Bahasa Pemrograman Visual Basic*,

<https://digilib.uns.ac.id/dokumen/22115/Perhitungan-Struktur-Beton-Bertulang-Tahan-Gempa-Dengan-Bahasa-Pemrograman-Visual-Basic>.

Tamaragirisha, A., & Setiawan, A, (2017), *Perancangan Aplikasi Balok Beton Bertulangan Rangkap Berbasis Android*, Widyakala Journal : Journal of Pembangunan Jaya University, 4(1), Article 1,

<https://doi.org/10.36262/widyakala.v4i1.30>.