

**PEMOGRAMAN ANALISIS RASIO TULANGAN BALOK
BERPENAMPANG PERSEGI**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil



Oleh

Yuda Hadimas Putra
18.10.002.22201.153

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

2022

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

PEMOGRAMAN ANALISIS RASIO TULANGAN BALOK
BERPENAMPANG PERSEGI

Oleh :

YUDA HADIMAS PUTRA

18.10.002.22201.153

Dosen Pembimbing I



MASRIL, S.T., M.T

NIDN. 1005057407

Dosen Pembimbing II



ELFANIA BASTIAN, S.T., M.T

NIDN. 1018118901

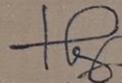
Dekan Fakultas Teknik



MASRIE, S.T., M.T

NIDN: 1005057407

Ketua Prodi Teknik Sipil



Helga Yermadona, S.Pd., M.T

NIDN. 1013098502

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

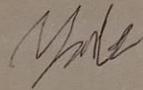
2022

LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 24 Agustus 2022 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 28 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



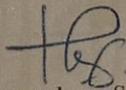
Yuda Hadimas Putra

181000222201153

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal..... :

1. Masril, S.T., M. T. 
2. Elfania Bastian, S. T., M. T. 
3. Yorizal Putra, S. T., M. T. 
4. Endri, ST. MT 

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Sipil,



Helga Yermadona, S. Pd., M. T.

NIDN. 1013098502

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Yuda Hadimas Putra
Tempat dan Tanggal Lahir : Padang 15 Maret 1999
NIM : 181000222201153
Judul Skripsi : Pemograman Analisis Rasio Tulangan Balok Berpenampang Persegi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 28 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Yuda Hadimas Putra

181000222201153

ABSTRAK

Perhitungan rasio tulangan pada balok beton bertulang sangat signifikan karena dalam perhitungan balok beton bertulang yang tepat akan menjadikan balok yang lebih baik dan efisien. Perhitungan ini memerlukan banyak waktu dan ketelitian yang tinggi maka perhitungan manual tidaklah efisien. Pemograman komputer banyak dikembangkan dalam perhitungan teknik sipil, contohnya aplikasi visual basic. Aplikasi visual basic 6.0 yang digunakan pada tugas ini di desain untuk memudahkan perencana dalam menghitung rasio tulangan pada balok dengan tepat dan cepat. Disini penulis menjelaskan bagaimana proses yang dibutuhkan untuk input data dalam program ini. Penggunaan rumus-rumus yang ada pada Peraturan Standar Nasional Indonesia serta peraturan yang berlaku lainnya. Maka hasil yang didapatkan lebih akurat, hasil akhirnya dari program ini atau *output* dalam bentuk perbandingan data umum Perhitungan rasio tulangan balok yang akan diinput dalam pemograman visual basic 6.0 membutuhkan beban ultimate (M_u) yang digunakan untuk mencari R_n dan Ekuivalen. Ketika sudah mendapatkan yang dibutuhkan maka akan bisa mencari A_s perlu untuk melanjutkan pencarian berikutnya sampai mendapatkan hasil jumlah tulangan yang diperlukan. Kontrol Jarak Spasi Tulangan: Jumlah Tulangan lentur: $n = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s_{1tul}}} = \frac{2403,284}{0,25 \times \pi \times 25^2} = 4,898$ digunakan 5 buah

Kata Kunci : Visual Basic 6.0, Rasio Tulangan Balok

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Skripsi dapat terselesaikan sesuai dengan yang direncanakan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang baru diselesaikan untuk memenuhi sebahagian persyaratan akademik untuk memperoleh Sarjana Teknik Sipil Di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Laporan ini dapat terselesaikan bukan hanya dari kemampuan penulis saja, melainkan atas dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Masril, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik UMSB.
2. Ibuk Helga Yermadona, S,Pd M.T selaku Ketua Prodi Teknik Sipil.
3. Bapak Masril, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberi masukan kepada penulis.
4. Ibuk Elfania Bastian, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberi masukan kepada penulis.
5. Bapak dan Ibuk dosen pengajar yang telah banyak memberikan ilmu dan juga membantu dalam proses perkuliahan.
6. Orang Tua, Kakak, dan Adik yang telah memberikan dukungan moral, doa, dan kasih sayang
7. Samsi Anggun selaku Pacar saya yang selalu membuat saya stress, sakit jiwa, galau, kehilangan akal sehat, membuat saya hidup tapi seperti tidak bernyawa, selalu mengjengkelkan, suka membuat emosi, darah tinggi, dan menjadi beban saya untuk membuat skripsi ini. Tetapi dibalik semua itu dialah yang membuat saya bersemangat untuk mengerjakan skripsi ini, karna itu rasa sayang saya kepadanya akan selalu saya pertahankan.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat kekurangan dalam Skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis.

Bukittinggi, 10 Juni 2022

Yuda Hadimas Putra

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PERNYATAN KEASLIAN

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DARTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengertian dan Prinsip Dasar Balok	4
2.2 Jenis dan Sifat Baja Tulangan	5
2.3 Beton Bertulang	5
2.4 Analisa Perencanaan Balok Penampang Persegi	6
2.5 Konsep Pembebanan	7
2.6 Balok	7
2.7 Perhitungan Struktur Balok	8
2.8 Kebutuhan Tulangan Longitudinal Untuk Lentur	12
2.9 Analisis Perencanaan Balok Berpenampang Persegi	14
2.10 Pembebanan Struktur	14

2.11 Visual Basic 6.....	15
2.12 Lingkungan Visual Basic 6	16
a. Kontrol Menu	17
b. Toolbar	17
c. Form Windows	17
d. Toolbox	19
e. Jendela Properties	20
f. Form Layout Window	21
2.13 Validitas Program	21
2.14 Pembahasan Program	22
2.15 Hasil dan Pembahasan	22
BAB III TINJAUAN PELAKSANAAN PROYEK.....	23
3.1 Umum	23
3.2 Rumus Rasio Penulangan Balok	23
a) Rasio Penulangan Maksimal	23
b) Cek Tulangan Minimum	25
c) Rasio Penulangan Minimal	25
d) Tinggi Efektif Balok dan Rasio Desain Balok	26
e) Tegangan Beton Persegi Ekuivalen Dan Luas Tulangan Perlu	27
f) Cek Kondisi Penampang	27
g) Jumlah Tulangan yang Diperlukan	27
3.3 Codingan Dalam Desain Aplikasi	27
3.4 Bagan Alir Penelitian	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil	33
4.2 Pembahasan	33
A. Data Primer Balok	33
4.3 Pembahasan Hasil Penelitian	34
a) Tinggi Efektif Balok	38
b) Rasio Desain Balok	39

c) Tinggi Balok Tegangan Beton Persegi Ekuivalen	39
d) Luas Tulangan Perlu	40
e) Cek kondisi Penampang	41
f) Cek Tulangan Maksimum	42
g) Cek Tulangan Minimum	43
h) Jumlah Tulangan Yang Diperlukan	44
BAB V PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Analisi Penulangan Balok Persegi	12
Gambar 2.2 Tampilan Visual Basic V 6.0	16
Gambar 2.3 Toolbar Standar Visual Basic	17
Gambar 2.4 Form Windows Visual Basic V 6.0	18
Gambar 2.5 Toolbox Visual Basic V 6.0	19
Gambar 2.6 Jendela Properties Visual Basic V 6.0	20
Gambar 2.7 Form Layout Window Visual Basic V 6.0	21
Gambar 4.1 Tampilan x-y bangunan TD	33
Gambar 4.2 Tampak Samping Bangunan Penelitian	34
Gambar 4.3 Gambar ETABS Momen Ultimate Balok	35
Gambar 4.4 Hasil D Efektif di Visual Basic	38
Gambar 4.5 Hasil Rn di Visual Basic	39
Gambar 4.6 Hasil Ekuivalen di Visual Basic	39
Gambar 4.7 Hasil Luas Tulangan Perlu di Visual Basic	40
Gambar 4.8 Hasil β_1 di Visual Basic	41
Gambar 4.9 Hasil C dan c/d di Visual Basic	41
Gambar 4.10 Hasil Pmin dan Pmaks di Visual Basic	42
Gambar 4.11 Hasil As min 1 dan As min 2 di Visual Basic	43
Gambar 4.12 Hasil As maks di Visual Basic	43
Gambar 4.13 Hasil Jumlah Tulangan Yang di Perlukan di Visual Basic	44
Gambar 4.14 Penulangan Balok	45
Gambar 4.15 Hasil SPColumn	46

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Tentang ToolBox	19
Tabel 3.1 Rasio Tulangan Maksimum (Pmaks)	24
Tabel 3.2 Rasio Tulangan Minimum (Pmin)	26



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan era globalisasi sekarang ini menuntut semua aspek untuk bekerja serba cepat dan efisien, tak terkecuali di dunia konstruksi sekarang ini, tuntutan dalam perancangan suatu konstruksi harus secepat mungkin, mulai dari perancangan balok, plat, kolom, hingga fondasi. Maka dari itu perlu adanya suatu terobosan untuk mengatasi masalah waktu dalam perancangan konstruksi. Perkembangan dunia konstruksi di Indonesia sendiri sudah cukup maju, salah satunya yaitu perkembangan teknologi beton. Hampir semua bangunan konstruksi teknik sipil dalam dua dekade ini menggunakan teknologi beton. Oleh karena itu Badan Standarisasi Nasional (BSN) melakukan penyesuaian perencanaan dan perancangan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi, terlebih dalam masalah struktur beton bertulang. Pedoman standar yang mengatur perencanaan beton bertulang banyak mengalami perubahan, mulai dari Peraturan Beton Indonesia 1955 (PBI 1955), kemudian PBI 1971, dan terakhir adalah SNI 2847-2013.

Kemajuan teknologi di zaman modern ini membuat semua aktifitas manusia tak lepas dari perangkat elektronik seperti komputer yang telah menjadi kebutuhan dalam melakukan pekerjaan, termasuk dalam dunia teknik sipil sendiri yang mana sudah banyak program rekayasa teknik sipil. Suatu program berbasis komputer tersebut tentunya sangat membantu dalam perencanaan dan perancangan konstruksi teknik sipil, sehingga dalam suatu perencanaan dan perancangan yang awalnya menggunakan waktu hingga berhari-hari karena masih menghitung secara manual (metode konvensional) kini dapat diselesaikan hitungan jam menggunakan aplikasi rekayasa tersebut.

Banyaknya jasa konstruksi yang ada saat ini mengakibatkan tingginya persaingan dalam bisnis, hal ini membuat banyak jasa konstruksi sering melalaikan tujuan perencanaan bangunan agar aman dan nyaman digunakan.

Tujuan dilakukan pembuatan aplikasi program berbasis Visual Basic 6.0 dalam mencari rasio tulangan adalah untuk memudahkan seorang engineer dalam menentukan jumlah tulangan pada balok yang akan di desain.

1.2 Batasan Masalah

Adapun ruang lingkup permasalahan dalam perencanaan pemograman ini ialah :

1. Elemen yang akan direncanakan yaitu balok
2. Studi tugas ini hanya menentukan rasio tulangan yang ada pada balok berpenampang persegi
3. Studi tugas ini hanya menggunakan bahasa program Visual Basic 6.0
4. Tanpa Grafis

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas maka dapat dirumuskan masalahnya yaitu bagaimana cara merancang dan menggunakan *software* untuk menganalisis rasio tulangan balok.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk menganalisis rasio tulangan balok berpenampang persegi :

Adapun tujuan penulisan dari skripsi ini adalah

Tujuan analisis ini adalah untuk menghasilkan *software* analisis rasio tulangan balok berdasarkan SNI 2847-2013 dengan bahasa pemograman visual basic 6.0

Adapun manfaat penulisan dari skripsi ini adalah

1. Untuk penulis, bisa menggunakan dan mengaplikasikan bahasa pemograman Visual Basic 6.0 berbasis GUI (*Graphical User Interface*)

2. Bagi instansi atau praktisi, aplikasi ini dapat memudahkan analisis rasio tulangan balok dengan meminimalisir kesalahan hitungan dan mempercepat waktu.
3. Bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, mempercepat perhitungan rasio tulangan balok dengan menggunakan aplikasi komputer.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan ini menggunakan sistematika yang baku supaya memudahkan proses penyusunan. Rincian sistematika penulisan laporan skripsi ini terdiri dari :

BAB I	PENDAHULUAN Terdiri dari Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan dan Manfaat Penelitian, Sistematika penulisan.
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA Tinjauan Pustaka berisi teori-teori penelitian yang dilakukan perencana tentang dasar-dasar pada bangunan untuk melakukan pemograman aplikasi visual basic versi 6.0
BAB III	METODE PENELITIAN Pada bab ini berisi tentang jenis aplikasi yang akan digunakan untuk melakukan penelitian dan prosedur perencanaan rasio tulangan balok.
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN Hasil dan Pembahasan yang berisi tentang bagaimana analisis program tersebut apakah sama dengan data penelitian yang ada
BAB V	PENUTUP Kesimpulan dan Saran

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian dan Prinsip Dasar Balok

Dalam setiap struktur bangunan bertingkat diperlukan adanya balok dan kolom. Elemen-elemen tersebut dibutuhkan untuk memikul beban-beban yang terjadi pada struktur bangunan. Beban-beban yang terjadi dapat berupa beban mati, hidup, angin dan gempa. Di setiap lantai diperlukan balok yang dapat menyalurkan beban-beban tersebut. Balok adalah elemen struktur yang berfungsi menyalurkan beban ke kolom. Balok merupakan bagian dari struktur inti bangunan selain kolom dan pondasi. Sehingga pengecorannya harus dilakukan dengan baik. Tahap pengecoran dimulai sejak tahap persiapan pengerjaan tulangan sampai pada saat perawatan (curing).

Beton bertulang merupakan gabungan dari dua jenis bahan, yaitu beton polos, yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi kekuatan tariknya rendah, dan batangan baja yang ditanamkan didalam beton yang dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan. Misalnya pada balok, tulangan baja diletakkan didaerah tarik (Wang & Salmon, 1993)

Prinsip utama dalam mendesain balok meliputi bentang, jarak balok, jenis dan besar beban, jenis material, ukuran dan bentuk penampang. Setiap desain balok harus memenuhi kriteria kekuatan dan kekakuan untuk masalah keamanan dan kemampuan layan. Balok harus diberi ukuran dan bentuk agar cukup kuat untuk memikul beban yang bekerja tanpa mengalami kelebihan tegangan atau deformasi.

Pada umumnya bentuk balok beton bertulang yang sering dipakai adalah berpenampang persegi. Balok dengan penampang persegi lebih mudah dalam mendesainnya maupun dalam pelaksanaan dilapangan. Akan tetapi kalau kita memperhatikan persamaan- persamaan untuk menghitung kekuatan balok dalam menahan lentur, diperoleh kenyataan bahwa dimensi lebar balok 'b' hanya memberikan kontribusi terhadap tegangan tekan diatas garis netral balok. Sedangkan dibawah garis netral, tegangan tarik balok

tidak tergantung kepada lebar balok. Dengan demikian, dibawah garis netral penampang balok tidak memerlukan lebar balok yang besar, tetapi yang penting cukup untuk meletakkan tulangan tarik.

2.2 Jenis dan Sifat Baja Tulangan

Baja tulangan untuk beton terdiri dari batang, kawat, dan jaring kawat baja las yang seluruhnya dirakit sesuai dengan standar peraturan yang berlaku dimasing-masing daerah. Sifat-sifat terpenting baja tulangan adalah sebagai berikut:

1. Modulus Young, E_s
2. Kekuatan leleh, f_y
3. Kekuatan batas, f_u
4. Mutu baja yang ditentukan
5. Ukuran atau diameter batang atau kawat

Jaring kawat baja las telah makin sering digunakan untuk slab karena kemudahannya dalam memasang, jarak penulangan yang terkontrol, serta karena lebih melekatnya dengan beton. Tulangan yang siap pakai tersebut dibuat dari kawat ulit maupun polos yang diletakkan saling tegak lurus dan dilas pada setiap titik pertemuannya.

2.3 Beton Bertulang

Beton Bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua bahan tersebut bekerja sama dalam memikul gaya-gaya (*SNI 03-2847-2002, Pasal 3.13*).

Beton bertulang mempunyai sifat sesuai dengan sifat bahan penyusunnya, yaitu sangat kuat terhadap tekan tetapi lemah terhadap tarik. Beban tarik pada beton bertulang ditahan oleh baja tulangan, sedangkan beban tekan cukup ditahan oleh beton

Namun dibalik kelebihan- kelebihan yang dimiliki oleh beton bertulang jika dibandingkan dengan bahan material lainnya, beton bertulang juga memiliki masalah yang dapat mengurangi keunggulannya. Diantara masalah yang sering dijumpai adalah masalah keretakan yang terjadi pada bahan tersebut. Keretakan pada beton bertulang dapat timbul pada saat pra-konstruksi dan pasca konstruksi.

Sebenarnya setiap beton bertulang yang diaplikasikan pada struktur bangunan pasti akan terjadi retakan, yang harus dipertimbangkan adalah apakah retakan tersebut dapat ditolerir karena tidak berbahaya atau retakan tersebut membahayakan struktur bangunan secara keseluruhan.

2.4 Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1727-2020 struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus didesain sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai di bawah. Pengaruh adanya satu atau lebih beban yang tidak bekerja harus ditinjau. Pengaruh yang paling menentukan dari beban-beban angin dan seismik harus ditinjau, tetapi kedua beban tersebut tidak perlu ditinjau secara simultan.

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5(L, \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6(Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5(Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $0,9 D + 1,0 W$
6. $1,2 + E_v + E_h + L$
7. $0,9 D - E_v + E_h$

Keterangan:

D : Beban Mati

L : Beban Hidup

E : Beban Gempa

W : Beban Angin

Lr : Beban Hidup Atap

R : Beban Hujan

S : Beban Salju

2.5 Konsep Pembebanan

2.5.1 Beban Statis

Beban statis adalah beban yang bersifat tetap sepanjang bangunan masih tetap ada, bekerja secara terus-menerus pada struktur bangunan. Beban statis juga diasosiasikan dengan beban-beban yang secara perlahan-lahan timbul serta mempunyai variabel besaran yang bersifat tetap (*steady states*). Dengan demikian, jika suatu beban memiliki perubahan intensitas yang berjalan cukup perlahan sehingga pengaruh waktu tidak dominan, maka beban tersebut bisa dikelompokkan sebagai beban statis (*static load*).

2.5.2 Beban Dinamis

Beban dinamis adalah beban yang datang secara tiba-tiba pada struktur. Pada umumnya, beban ini tidak bersifat tetap (*unsteady-state*) serta memiliki karakteristik besaran dan arah yang berubah-ubah dengan cepat. Perubahan pada struktur akibat beban dinamis ini juga berubah-ubah secara cepat.

2.5.3 Beban Pada Struktur

Menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia Untuk Rumah dan Gedung tahun 1987 beban mati pada struktur terbagi menjadi 2, yaitu beban mati akibat material konstruksi misalnya: balok, plat, kolom, dinding geser, kuda-kuda dan lainnya serta beban mati akibat komponen gedung misalnya: bata ringan, penggantung plafon, plafon, keramik, kaca, kusen dan lainnya.

2.6 Balok

Park dan Paulay (1975:61), balok adalah elemen struktur yang membawa beban eksternal transversal yang mengakibatkan momen lentur dan gaya geser sepanjang bentang balok. Ada tiga kondisi penulangan penampang pada balok :

- a. Penampang bertulangan kurang (*under reinforced*)

Pada kondisi ini, tulangan baja tarik akan lebih dahulu mencapai regangan luluhnya sebelum beton mencapai regangan maksimum.

b. Penampang bertulangan seimbang (balance reinforced)

Pada keadaan seimbang balok akan menahan beban hingga regangan beton maksimum mencapai 0,003, pada saat yang bersamaan tegangan tarik baja mencapai tegangan leleh (f_y).

c. Penampang bertulangan lebih (over reinforced)

Kondisi ini dicapai apabila penampang balok beton bertulang memiliki jumlah tulangan baja tarik lebih banyak dari yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan regangan. Pada kondisi ini akan berakibat beton mendahului mencapai regangan maksimum sebelum tulangan baja tariknya leleh. Apabila penampang diberi momen lebih besar lagi, maka akan terjadi keruntuhan dengan beton hancur secara mendadak tanpa diawali dengan gejala-gejala peringatan terlebih dahulu.

2.7 Perhitungan Struktur Balok

Balok berfungsi sebagai pendukung beban vertikal dan horisontal. Beban vertikal berupa beban mati dan beban hidup yang diterima pelat lantai, berat sendiri balok dan berat dinding penyekat yang di atasnya. Sedangkan beban horisontal berupa beban angin dan gempa.

1. Jenis balok

a. Balok sederhana

Balok sederhana bertumpu pada kolom diujung-ujungnya, dengan suatu ujung bebas berotasi dan tidak memiliki momen tahanan. Seperti struktur statis lainnya, nilai dari semua reaksi, pergeseran dan struktur statis lainnya, nilai dari semua reaksi, pergeseran dan momen untuk balok sederhana adalah tidak tergantung bentuk penampang dan material.

b. Kantilever

Kantilever adalah balok yang diproyeksikan atau struktur kaku lainnya didukung hanya pada satu ujung tetap. Kantilever menanggung beban di ujung yang tidak disangga.

c. Balok teritisan

Balok teritisan adalah balok sederhana yang memanjang melewati salah satu kolom tumpuan.

d. Balok dengan ujung-ujung tetap

Balok dengan ujung tetap (di kait kuat) dibuat untuk menahan translasi dan rotasi. Ujung-ujung dari balok ini di kunci sedemikian kuat sehingga tidak bergerak atau pun berrotasi karena momen.

e. Bentang tersuspensi

Bentang tersuspensi adalah balok sederhana yang dipotong oleh teritisan dari dua bentang dengan konstruksi sumbangan pin pada momen nol.

f. Balok menerus atau kontinu

Balok menerus memanjang secara menerus melewati lebih dari dua kolom tumpuan untuk menghasilkan kekakuan yang lebih besar dan momen yang lebih kecil dari serangkaian balok tidak menerus dengan panjang dan beban yang aman.

2. Preliminari Desain Penampang Balok

Untuk keseragaman dimensi balok pada seluruh konstruksi, maka perencanaanya didasari pada balok yang memiliki harga ketebalan terbesar. Berdasarkan SNI (2847:2013) tentang Tebal Minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung, untuk balok dengan 2 tumpuan, tebal balok (h) adalah :

a. Tinggi balok

$$h > L_{pj} / 16$$

b. Lebar Badan Balok (bw)

$$1/2 h < bw < 2/3$$

Persyaratan yang harus dipenuhi untuk komponen lentur (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus / SRPMK) SNI 2847:2013 pasal 21.5.1.

1) Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur Pu, tidak boleh melebihi $A_g \cdot F_c' / 10$

2) Bentang bersih untuk komponen struktur, Ln tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektif

$$L_n > 4d$$

3) Lebar komponen bw, tidak boleh kurang dari yang lebih kecil 0.3 h dan 250 mm

- a. $B_w / h > 0.3$
- b. $B_w > 250 \text{ mm}$

4) Lebar komponen struktur bw, tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu, c2, ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan yang lebih kecil dari a dan b :

- a. Lebar komponen struktur penumpu c2, dan
 - b. 0.75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu, c1
- $$b_w < 0.3$$
- $$b_w < 250 \text{ mm}$$

3. Penulangan Balok

- a. Menentukan nilai statika portal dengan menggunakan metoda matrix, persamaan tiga momen atau dengan SAP 2000 pada portal balok.
- b. Menentukan Pmin dan Pmax dengan rumus sebagai berikut :

$$p_{min} = \frac{1.4}{f_y}$$

$$p_{max} = 0.75 \cdot \frac{0.85 \cdot f'_{ty}}{f_y} \cdot 0.85 \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

- c. Menganalisa penulangan balok berdasarkan momen yang di piperoleh dari analisa statika balok
- d. Menganalisa tulangan tumpuan negatif

$$\frac{p'}{p} = \frac{M_{positif \ tumpuan}}{M_{negatif \ tumpuan}} \text{ bila kecil dari } 0.5 \text{ maka pakai } 0.5$$

- e. Menentukan nilai Rn dengan rumus sebagai berikut

$$R_n = \frac{m^-}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

Dimana :

- $\phi = 0.8$
- b = Lebar (m)
- Mu = Momen (kNm)
- D = Tinggi Efektif (m)

- f. Menentukan P berdasarkan dari hasil Rn dan dengan persyaratan sebagai berikut :

Apabila $p_{pakai} > p_{min}$ dan $p_{pakai} < p_{max}$ maka digunakan p_{pakai}

Apabila $p_{pakai} < p_{min}$ dan $p_{pakai} < p_{max}$ maka digunakan p_{min}

Apabila $p_{pakai} > p_{min}$ dan $p_{pakai} > p_{max}$ maka digunakan p_{max}

- g. Menentukan A_s dan A_s' pada penulangan lapangan dan tumpuan dengan rumus sebagai berikut :

$$A_s = p_{pakai} \cdot b \cdot d$$

$$A_s = \frac{p'}{p} \cdot A_s$$

- h. Menganalisa tulangan tumpuan positif

Menganalisa tulangan tumpuan positif sama dengan tulangan tumpuan negatif hanya saja untuk nilai p'/p nilainya juga balik.

- i. Mengambil tulangan lentur

Tulangan lentur yang diambil adalah nilai A_s dan A_s' terbesar dari tulangan tumpuan positif di daerah lapangan nilai A_s dan A_s' tumpuan balik.

- j. Menghitung luasan penampang

$$A_s \text{ maks} = 0,03119 \cdot h \cdot f \left(b + b_w \left(\frac{0,51(d)}{100} - 1 \right) \right)$$

- k. Menganalisa tulangan geser, penulangan geser berdasarkan nilai geser

- l. Menentukan nilai V_u yang berdasarkan dari analisis statika

- m. Menentukan nilai V_c dengan rumus sebagai berikut

$$V_c = 1 \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

- n. Menentukan nilai V_n dengan rumus sebagai berikut :

$$V_n = \frac{V_u}{0,6}$$

- o. Dari nilai V_n dan V_c yang di peroleh dilakukan perbandingan dengan sanyarat sebagai berikut :

Apabila $V_n > V_c$ maka balok memerlukan tulangan geser

Apabila $V_n < V_c$ maka balok tidak memerlukan tulangan geser

- p. Menentukan nilai V_s dengan rumus sebagai berikut

$$V_s = V_n - V_c$$

- q. Berdasarkan nilai V_s , V_{s1} dan V_{s2} yang diperoleh maka di cari jarak sekang (S) dengan rumus sebagai berikut :

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s}$$

Dimana :

A_v = Luasan diameter tulangan asumsi (cm^2)

F_y = Mutu tulangan asumsi (Kg/cm^2)

D = Tinggi balok efektif (cm)

Kotnrol tulangan geser adalah :

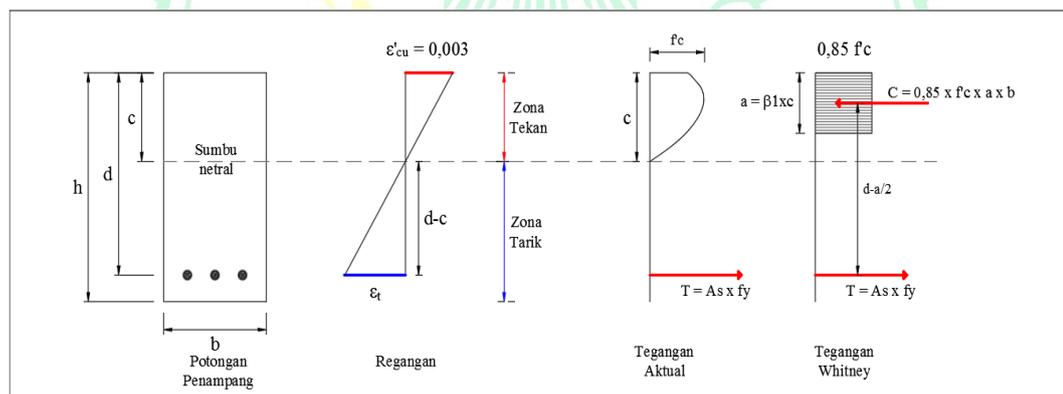
$d/4$ untuk lapangan dan $d/2$ untuk daerah tumpuan, di mana

d = dimensi balok terkecil.

2.8 Kebutuhan Tulangan Longitudinal Untuk Lentur

2.8.1 Tulangan Lentur Balok

Dalam mendesain tulangan lentur balok-T, maka dilakukan pengecekan apakah analisis untuk zona tekan bisa dilakukan dengan penampang persegi atau harus dilakukan dengan penampang-T. Hal ini ditentukan dari tinggi compression (a) yang akan dibandingkan dengan tinggi flens (h_f). Jika nilai $a < h_f$, maka untuk analisis zona tekan dapat dijadikan balok persegi.



Gambar 2.1 : Analisis penulangan balok persegi

Sumber : Ismail, Batara. Contoh Desain Struktur Bangunan Dengan SAP2000

- a. Rasio Balok Beton:

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

b. Tinggi Blok Tegangan Beton Persegi Ekuivalen (α):

$$\alpha = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0,85 x f_c}} \right) x d$$

c. Luas Tulangan Perlu (A_s):

$$A_s = \frac{0,85 x f_c x b}{f_y}$$

Dimana:

Rn : Rasio balok beton

d : Tinggi efektif balok

A_s : Luas tulangan perlu

2.8.2 Kondisi Awal Penampang

Untuk persyaratan dengan pendetailan khusus, maka elemen lentur harus berada dalam penampang terkendali tarik (*tension –controlled*).

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 x (f_c - 28)}{7} \dots\dots (SNI 2847-2019 Ps 22.2.4.3)$$

$$C = \frac{\alpha}{\beta_1}$$

$$c/d < 0,375 \dots\dots\dots (Kondisi tarik)$$

2.8.3 Syarat Tulangan Perlu

Batas tulangan minimum dan maksimum berdasarkan SNI : 2847:2019 Ps 18.6.3.1 sebagai berikut :

a. Tulangan Minimum:

$$A_{smin1} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b_w x d$$

$$A_{smin2} = \frac{1,4 x b_w x d}{f_y}$$

b. Tulangan Maksimum:

$$A_{smax} = \rho x b_w x d$$

Kontrol: $A_{smax} < A_{sperlu} \dots\dots\dots (Ok)$

2.8.4 Jarak Spasi Tulangan

- a. Jumlah tulangan lentur:

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{1tul}}$$

- b. Spasi Tulangan:

$$S = \frac{b - (2 \cdot d_{ckng}) \times (2 \cdot \emptyset_{snkgng}) - (n \cdot \emptyset_{tulutama})}{n-1} \geq 25 \text{ mm}$$

2.9 Analisa Perencanaan Balok Penampang Persegi

Beban-beban yang bekerja pada struktur, baik yang berupa beban gravitasi maupun beban lain seperti beban angin atau juga beban karna susut dan beban akibat perubahan temperatur, menyebabkan adanya lentur pada elemen struktur. Lentur pada balok merupakan akibat dari adanya regangan yang timbul karena beban luar.

Jika beban yang terjadi pada suatu struktur bertambah, maka pada balok akan terjadi regangan tambahan yang mengakibatkan retak lentur disepanjang bentang balok. Jika bebannya semakin bertambah maka akan mengakibatkan keruntuhan pada elemen struktur.

Tegangan-tegangan lentur merupakan hasil dari momen lentur luar. Tegangan ini hampir selalu menentukan dimensi geometris penampang beton bertulang. Proses desain yang mencakup pemilihan dan analisis penampang biasanya dimulai dengan pemenuhan persyaratan terhadap lentur, kemudian menentukan faktor-faktor lain seperti kapasitas geser, defleksi, retak dan sebagainya sampai keseluruhan memenuhi syarat.

2.10 Pembebanan Struktur

Pembebanan merupakan faktor penting dalam merancang struktur bangunan. Untuk itu dalam merancang struktur perlu mengidentifikasi beban-beban yang bekerja pada suatu struktur ditimbulkan secara langsung oleh gaya-gaya alamiah dan buatan manusia (Shaucillel, 2001). Secara

umun, struktur bangunan dikatakan aman dan stabil apabila mampu menahan beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) dan beban gempa yang bekerja pada bangunan tersebut.

2.11 Visual Basic 6

Melihat perkembangan teknologi pada saat sekarang computer merupakan sarana paling tepat dalam melakukan banyak pekerjaan manua dengan berbagai tantangan karena lebih praktis serta memakan waktu yang singkat disamping akurasi dalam perhitungan dari pekerjaan dapat diandalkan. Hal ini tidak terlepas dari perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam computer.

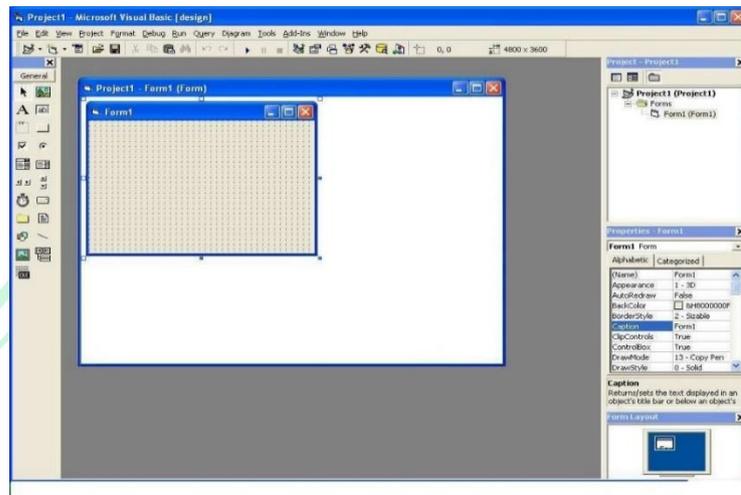
Dalam proposal ini, penulis mensimulasikan perhitungan guna pendimensian balok dengan menggunakan komputer. *Software* yang digunakan adalah berjenis *Software* bahasa program yang salah satunya adalah Visual Basic. Visual Basic dibuat oleh **Microsoft Corporation**, dan penulis menggunakan versi 6.0. Visual Basic menyediakan tool-tool yang cukup lengkap untuk memproduksi aplikasi-aplikasi.

Kata “Visual” menunjukkan metoda dalam merancang *Grapical User Interface* (GUI), yaitu cukup memasukkan objek-objek yang sudah jadi ke layar dan pengaturannya langsung dilakukan dilayar itu juga secara visual, bukan dengan memakai baris-baris kode program yang jumlahnya bisa mencapai ribuan baris.

Sedangkan kata “Basic” merupakan singkatan dari *Berginner All Purpuse Symbolic Intruction Code*. Basic juga merupakan program berbasis bahasa program yang sebelumnya masih dalam versi DOS dan merupakan salah satu bahasa pemograman yang tertua dalam sejarah komputer. Salah satu faktor yang menyebabkan penulis memilih bahasa Visual Basic adalah kemampuannya dalam menangani jumlah variable yang sangat besar.

2.12 Lingkungan Visual Basic 6

Setelah Visual Basic dijalankan, akan muncul layar seperti pada gambar 3.1. Layar ini adalah lingkungan pengembangan aplikasi Visual Basic yang nantinya akan digunakan untuk program-program aplikasi dengan Visual Basic.



Gambar 2.2 Tampilan Visual Basic V 6.0

Layar Visual Basic adalah suatu lingkungan besar yang terdiri dari beberapa bahagian kecil yang kesemuanya memiliki sifat :

- Floating dapat digeser-geser keposisi mana saja. Untuk menggeser elemen layar Visual Basic, klik dan tahan tombol mouse pada judul (tittle bar) elemen tersebut, lalu geserlah ketempat yang diinginkan.
- Sizeable dapat diubah-ubah ukurannya, seperti mengubah ukuran jendela windows. Untuk mengubah ukuran suatu elemen atau jendela, klik dan tahan tombol mouse pada sisi (border) jendela tersebut, lalu geserlah hingga keukuran yang diinginkan
- Dockable dapat menempel dengan bahagian lain yang berdekatan. Untuk menempelkan elemen layar Visual Basic ke elemen lainnya, cukup tempelkan sisi-sisi elemen tersebut, dan secara otomatis akan menempel ketempat yang diinginkan.

a. Kontrol Menu

Kontrol menu adalah menu yang digunakan terutama untuk memanipulasi jendela Visual Basic. Dari menu ini dapat mengubah ukuran, memindahkan, atau menutup visual basic atau jendela windows lainnya. Untuk mengaktifkan kontrol menu ini, klik tombol mouse pada pojok kiri atas jendela. Berikutnya akan muncul menu kontrol menu, dimana kita dapat memilih dari perintah ini :

- Restore : Mengubah ukuran jendela ke ukuran sebelumnya
- Move : Memindahkan letak jendela
- Size : Mengubah ukuran jendela
- Minimize : Meminumalkan ukuran jendela
- Maximize : Memaksimalkan ukuran jendela
- Close : Menutup jendela

Menu visual basic berisi semua perintah Visual Basic yang dapat anda pilih untuk melakukan tugas tertentu. Isi dari menu ini sebagian hampir sama dengan program-program windows lainnya.

b. Toolbar

Toolbar adalah tombol-tombol yang mewakili suatu perintah tertentu dari visual basic, setiap tombol tersebut dapat langsung diklik untuk melakukan perintah tertentu biasanya tombol-tombol ini merupakan perintah-perintah yang sering digunakan dan terdapat pula pada menu Visual Basic.



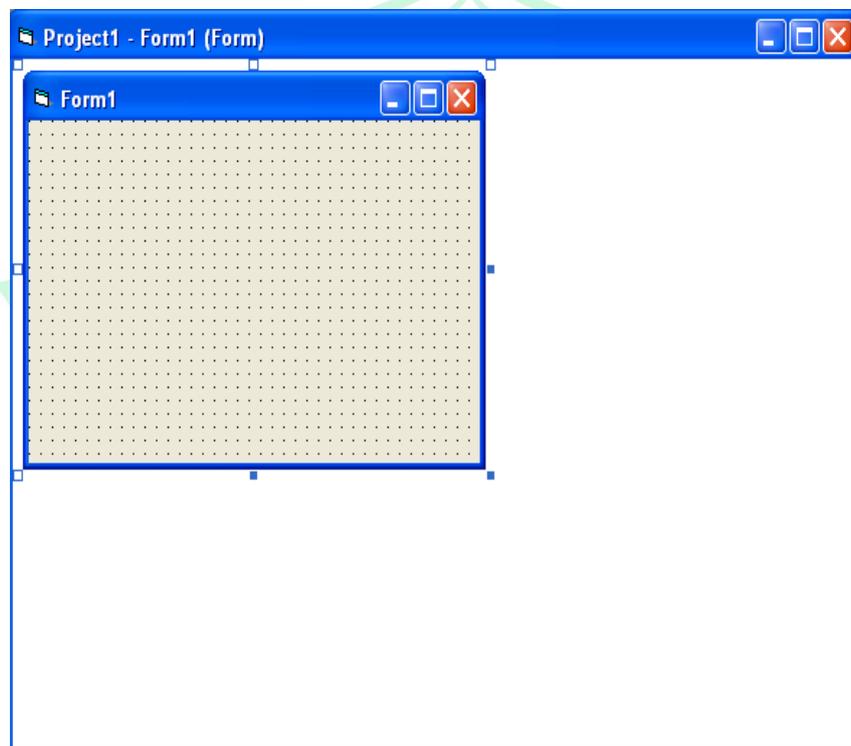
Gambar 2.3 Toolbar Standard Visual Basic

c. Form Windows

Form windows atau jendela form adalah daerah kerja utama, dimana kita akan membuat program-program aplikasi Visual Basic. Pada form ini, kita

akan meletakkan berbagai macam objek interaktif seperti misalnya teks, gambar, tombol-tombol perintah, scrollbar, dan sebagainya. Jendela Form ini pada awalnya kelihatan kecil tetapi ukurannya bisa diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan aplikasi anda.

Apabila program aplikasi dijalankan, semua yang terdapat didalam form akan ditampilkan pada layar window. Jendela form inilah yang nantinya akan menjadi latar belakang dari aplikasi. Mulai bekerja dengan jendela form yang kosong, kemudian ditambah-tambahi dengan berbagai objek yang pada akhirnya akan membentuk aplikasi Visual Basic yang lengkap



Gambar 2.4 Form Windows Visual Basic V 6.0

d. Toolbox

Toolbox adalah sebuah “kotak piranti” yang mengandung semua objek atau kontrol yang dibutuhkan untuk membentuk suatu program aplikasi. Kontrol adalah suatu objek yang akan menjadi interface (penghubung) antara program aplikasi dan user-nya, dan kesemuanya harus diletakkan didalam jendela form diatas.



Gambar 2.5 Toolbox Visual Basic V 6.0

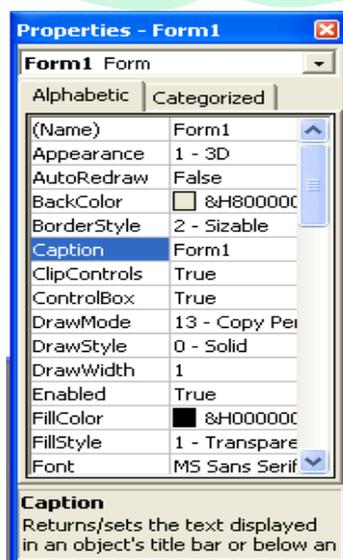
Kontrol	Nama	Fungsi
	Pointer	Memilih, mengatur ukuran dan memindah posisi kontrol / objek yang terpasang pada bagian form.
	PictureBox	Menampilkan file gambar
	Label	Menambahkan label atau teks tambahan
	TextBox	Menambahkan kotak teks
	Frame	Menambahkan kontrol yang dapat berisi dengan kontrol OptionButton atau CheckBox
	CommandButton	Menambahkan kontrol tombol perintah
	CheckBox	Menambahkan kontrol tombol periksa
	OptionButton	Menambahkan kontrol tombol pilihan
	ComboBox	Menambahkan kontrol kotak combo yang merupakan kontrol gabungan antara TextBox dan ListBox.

Tabel 2.1 Tentang Toolbox

	ListBox	Menambahkan kontrol daftar pilihan
	HScrollBar	Menambahkan kontrol batang penggulung horizontal
	VScrollBar	Menambahkan kontrol batang penggulung vertical.

	Timer	Menambahkan kontrol sebagai kontrol pencacah waktu
	DriveListBox	Menambahkan kontrol daftar disk drive pada computer
	DirListBox	Menambahkan kontrol daftar direktori pada drive aktif
	FileListBox	Menambahkan kontrol daftar file pada direktori aktif.
	Shape	Menambahkan kontrol gambar berupa lingkaran, oval, persegi panjang, bujur sangkar, dan lain-lain.
	Line	Menambahkan kontrol gambar garis lurus.
	Image	Menambahkan file gambar dengan pilihan properti yang lebih sedikit dibandingkan kontrol PictureBox.
	Data	Menambahkan kontrol yang berupa database.
	OLE	Menambahkan kontrol yang beehubungan dengan proses relasi antar program aplikasi.

e. Jendela Properties

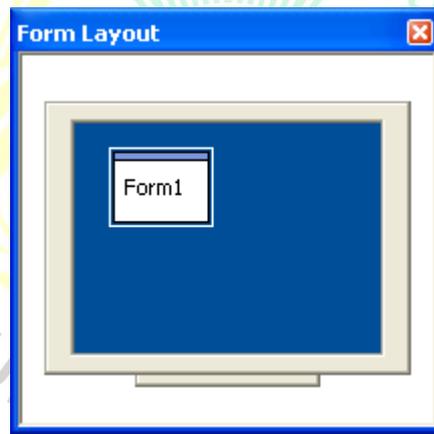


Gambar 2.6 Jendela Properties Visual Basic V 6.0

Jendela properties adalah jendela yang mengandung semua informasi mengenai objek yang terdapat pada aplikasi Visual Basic. Properti adalah sifat dari sebuah objek, misalnya seperti namanya, warna, ukuran, posisi, dan sebagainya. Setiap objek sebagian besar memiliki jenis properti yang sama, tetapi adapula yang berbeda-beda.

f. Form Layout Window

Form Layout Window adalah jendela yang menggambarkan posisi dan form yang ditampilkan pada layar monitor. Posisi form pada Form Layout Window inilah yang merupakan petunjuk dimana aplikasi akan ditampilkan



pada layar monitor saat dijalankan nanti

Gambar 2.7 Form Layout Window Visual Basic V 6.0

2.13 Validitas Program

Setelah software tersusun dengan baik, dilakukan validasi dengan perhitungan struktur beton bertulang tahan gempa secara manual (yang dianggap valid dan 100% benar) untuk melihat perbedaan hasil dari kedua proses tersebut baik menggunakan software maupun manual. Jika terjadi kesalahan hasil akhir, kemungkinan terjadi kesalahan pada software,

sehingga dilakukan proses *debugging* (pencarian kesalahan pada logika program) untuk mencari kesalahan yang ada.

2.14 Pembahasan Program

Program yang telah dikomplikasi perlu untuk dibahas guna untuk merunut kekurangan-kekurangan yang ada pada program tersebut sehingga tidak menutup kemungkinan untuk melakukan pengembangan dan penyempurnaan program diwaktu mendatang.

2.15 Hasil dan Pembahasan

Aplikasi penggunaan program ini dibuat dalam contoh hasil ouput yang ada kemudian dibandingkan dengan hasil output hasil perhitungan manual. Berdasarkan peraturan yang berlaku di Indonesia.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Dengan kemajuan teknologi saat ini, komputer lebih praktis dan ideal untuk pekerjaan banyak orang. Sebab, selain akurasi perhitungan yang handal, komputer bekerja lebih cepat. Hal ini tidak terlepas dari *software* yang digunakan pada komputer anda.

Dalam skripsi ini, penulis menggunakan komputer untuk mencari perhitungan tulangan untuk balok. Perangkat lunak yang digunakan adalah jenis perangkat lunak bahasa pemrograman, salah satunya adalah Visual Basic. Visual basic diproduksi oleh Microsoft Corporation dan versi terbaru yang digunakan oleh penulis adalah versi 6.0. Visual Basic menyediakan tool yang cukup lengkap untuk membuat aplikasi.

3.2 Rumus Rasio Penulangan Balok

Pada point ini penulis akan menjabarkan beberapa rumus yang akan digunakan dalam penelitian tentang rasio penulangan pada balok, untuk menentukan rasio tulangan balok maksimal dan minimal

Penggunaan tulangan atau rasio tulangan pada sistem perencanaan beton bertulang menurut SNI 03-2847-2002 dibatasi pada 2 keadaan

$$A_s \text{ harus } \leq A_{s \text{ maks}} \text{ dan } A_s \text{ harus } \geq A_{s \text{ min}}, \text{ atau}$$
$$p \text{ harus } \leq p_{\text{maks}} \text{ dengan dan } p \text{ harus } \geq p_{\text{min}}$$

a) Rasio Penulangan Maksimal.

$$p \text{ harus } \leq p_{\text{maks}} \text{ dengan } p_{\text{maks}} = 0,75 \cdot p_b$$

Jika dimasukkan nilai p_h maka akan diperoleh nilai p_{maks}

$$p_{\text{maks}} = 0,75 \cdot p_b = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{(600 + f_y) \cdot f_y}$$

Tabel Rasio Tulangan Maksimal (ρ_{maks}) dalam Persen (%)

Mutu beton f_c' (MPa)	Mutu baja tulangan f_y (MPa)					
	240	300	350	400	450	500
15	2,419	1,805	1,467	1,219	1,032	0,887
20	3,225	2,408	1,956	1,626	1,376	1,182
25	4,032	3,010	2,445	2,032	1,720	1,478
30	4,838	3,616	2,933	2,438	2,064	1,773
35	5,405	4,036	3,277	2,724	2,306	1,981
40	5,912	4,414	3,585	2,980	2,522	2,167
45	6,344	4,737	3,846	3,197	2,707	2,325
50	6,707	5,008	4,067	3,380	2,862	2,458
55	7,002	5,228	4,245	3,529	2,988	2,567
60	7,400	5,525	4,486	3,729	3,157	2,712

Tabel 3.1 Rasio Tulangan Maksimal (ρ_{maks})

Catatan untuk tabel rasio tulangan maksimal :

- 1) Jika mutu beton (f_c') dan atau mutu baja tulangan (f_y) tidak sesuai dengan yang tercantum pada tabel diatas, maka rasio tulangan maksimal ditentukan berdasarkan persamaan :

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{(600 + f_y) \cdot f_y}$$

- 2) Dari tabel diatas dapat diketahui 2 keadaan berikut :
 - Pada mutu baja (f_y) sama, makin tinggi mutu beton (makin besar nilai f_c'), nilai ρ_{maks} makin besar
 - Pada mutu beton (f_c') sama, makin tinggi mutu baja (makin besar nilai f_y) nilai ρ_{maks} makin turun

b) Cek Tulangan Minimum :

$$A_s = \frac{0,85 \times F_c \times \alpha \times b}{F_y}$$

$$A_{s \text{ min } 1} = \frac{0,25\sqrt{F_c}}{F_y} b \times d$$

$$A_{s \text{ min } 2} = \frac{1,4 \times b \times d}{F_y}$$

$A_{s \text{ max}} = p_{maks} \times \text{Lebar Balok (b)} \times d \text{ Efektif} = \text{Hasil } A_{s \text{ max}} > A_s \text{ Perlu}$

Maka syarat tulangan minimum dan maksimum terpenuhi, sehingga A_s perlu dapat digunakan

Jadi untuk mencari jumlah tulangan dipakai rumus :

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ pakai}}}$$

c) Rasio Penulangan Minimal

Batasan p harus $\geq p_{min}$ dan nilai p_{min} dipilih dari 2 nilai berikut :

$$p_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4.f_y} \text{ atau } p_{min} = \frac{1,4}{f_y} \cdot (\text{dipilih yang besar})$$

$$p_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4.f_y} = \frac{1,4}{f_y} \cdot \sqrt{f_c'} = 1,4 \cdot 4 = 5,6 \rightarrow f_c' = 5,6^2 = 31,36 \text{ MPa.}$$

Jadi dapat diberikan batasan nilai p_{min} sebagai berikut :

1) Untuk mutu beton $f_c' \leq 31,36 \text{ MPa}$, maka nilai $p_{min} = \frac{1,4}{f_y}$

2) Untuk mutu beton $f_c' > 31,36 \text{ MPa}$, maka nilai $p_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4.f_y}$

Tabel Rasio Tulangan Minimal (ρ_{min}) dalam Persen (%)

Mutu beton f_c' (MPa)	Mutu baja tulangan f_y (MPa)					
	240	300	350	400	450	500
$\leq 31,36$	0,583	0,467	0,400	0,35	0,311	0,280
35	0,616	0,493	0,423	0,370	0,329	0,296
40	0,659	0,527	0,452	0,395	0,351	0,316
45	0,699	0,559	0,479	0,419	0,373	0,335
50	0,737	0,589	0,505	0,442	0,393	0,354
55	0,773	0,618	0,530	0,464	0,412	0,371
60	0,807	0,645	0,553	0,484	0,430	0,387

Tabel 3.2 Rasio Tulangan Minimal (P_{min})

Catatan untuk tabel rasio tulangan minimal :

- 1) Jika mutu beton atau mutu baja tulangan tidak sesuai dengan yang tercantum pada tabel diatas, maka rasio tulangan minimal ditentukan berdasarkan persamaan :
 - Jika mutu beton $f_c' \leq 31,36$ MPa, maka nilai $p_{min} = \frac{1,4}{f_y}$
 - Jika mutu beton $f_c' > 31,36$ MPa, maka nilai $p_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4.f_y}$
- 2) Tabel diatas menunjukkan 2 keadaan yang sama dengan tabel rasio penulangan maksimal, yaitu :
 - Pada mutu baja (f_y) sama, makin tinggi mutu beton (makin besar nilai f_c'), nilai p_{maks} makin besar
 - Pada mutu beton (f_c') sama, makin tinggi mutu baja (makin besar nilai f_y) nilai p_{maks} makin turun

d) Tinggi efektif balok dan Rasio Desain Balok

$d =$ Tinggi balok (h) – Selimut Beton (a) – Diameter sengkang – $\left(\frac{\text{Diameter Pokok}}{2}\right)$

$$Rn = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{M_u}{\phi bd^2}$$

e) **Tegangan Beton Persegi Ekuivalen dan Luas Tulangan Perlu**

$$\alpha = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{Rn}{0,85 \times Fc}} \right) \times d$$

$$A_s = \frac{0,85 \times Fc \times \alpha \times b}{F_y}$$

f) **Cek Kondisi Penampang**

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 \times (F_c - 28)}{7}$$

$$C = \frac{\alpha}{\beta_1}$$

g) **Jumlah Tulangan yang Diperlukan**

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s1 \text{ tul}}}$$

3.3 Codingan Dalam Desain Aplikasi

3.3.1 Codingan 1/2 Diameter Tulangan Pokok

Dim s, HASILSENGKANG

s = Text17.Text

HASILSENGKANG = 0.5 * s

Text1.Text = HASILSENGKANG

End Sub

3.3.2 Codingan D efektif

Dim H, A, DS, s, HASILD

H = Text3.Text

A = Text6.Text

DS = Text7.Text

s = Text1.Text

HASILD = (H - A - DS) - (s)

Text9.Text = HASILD

End Sub

3.3.3 Codingan Rn (Faktor Tahanan Momen)

Dim MU, b, d, HASILRN

MU = Text8.Text

b = Text2.Text

d = Text9.Text

HASILRN = MU / (0.9 * (b * (d * d)))

Text10.Text = (HASILRN)

End Sub

3.3.4 Codingan Ekuivalen

Dim d, Rn, FC, HASILA

d = Text9.Text

Rn = Text10.Text

FC = Text4.Text

HASILA = ((1 - (Math.Sqrt((1 - (2 * Rn / (0.85 * FC)))))) * d)

Text19.Text = HASILA

End Sub

3.3.5 Codingan As Perlu

Dim FC, A, b, FY, HASILAS

FC = Text4.Text

FY = Text5.Text

A = Text19.Text

b = Text2.Text

HASILAS = ((0.85 * FC * A * b) / FY)

Text23.Text = HASILAS

End Sub

3.3.6 Codingan β_1

1. Jika $F_c < 30$

Dim B1, Hasil

$B1 = \text{Text22.Text}$

$\text{Hasil} = 0.85$

$\text{Text22.Text} = \text{Hasil}$

End Sub

2. Jika $F_c > 30$

Dim FC, HASILB1

$FC = \text{Text4.Text}$

$\text{HASILB1} = 0.85 - ((0.05 * (FC - 28)) / 7)$

$\text{Text22.Text} = \text{HASILB1}$

End Sub

3.3.7 Codingan C

Dim A, b, HASILC

$A = \text{Text19.Text}$

$b = \text{Text22.Text}$

$\text{HASILC} = (A / b)$

$\text{Text24.Text} = \text{HASILC}$

End Sub

3.3.8 Codingan c/d

Dim c, d, HASILCD

$c = \text{Text24.Text}$

$d = \text{Text9.Text}$

$\text{HASILCD} = (c / d)$

$\text{Text14.Text} = \text{HASILCD}$

End Sub

3.3.9 Codingan c/d

Dim FY, HASILPMIN

FY = Text5.Text

HASILPMIN = (1.4 / FY * 100)

Text12.Text = HASILPMIN

End Sub

3.3.10 Codingan c/d

Dim b, FC, FY, HASILPMAX

b = Text22.Text

FC = Text4.Text

FY = Text5.Text

HASILPMAX = ((382.5 * b * FC) / (FY * (600 + FY)))

Text13.Text = HASILPMAX

End Sub

3.3.11 Codingan As min 1

Dim FC, FY, b, d, HASILASMIN1

FC = Text4.Text

FY = Text5.Text

b = Text2.Text

d = Text9.Text

HASILASMIN1 = (((0.25 * Math.Sqrt(FC)) / FY) * b * d)

Text15.Text = HASILASMIN1

End Sub

3.3.12 Codingan As min 2

Dim b, d, FY, HASILASMIN2

b = Text2.Text

d = Text9.Text

FY = Text5.Text

HASILASMIN2 = ((1.4 * b * d) / FY)

Text11.Text = HASILASMIN2

End Sub

3.3.13 Codingan As max

Dim PMAX, b, d, HASILASMAX

PMAX = Text13.Text

b = Text2.Text

d = Text9.Text

HASILASMAX = (PMAX * b * d)

Text16.Text = HASILASMAX

End Sub

3.3.14 Codingan Jumlah Tulangan

Dim AsPerlu, JumlahTulangan, DM

AsPerlu = Text23.Text

DM = Text17.Text

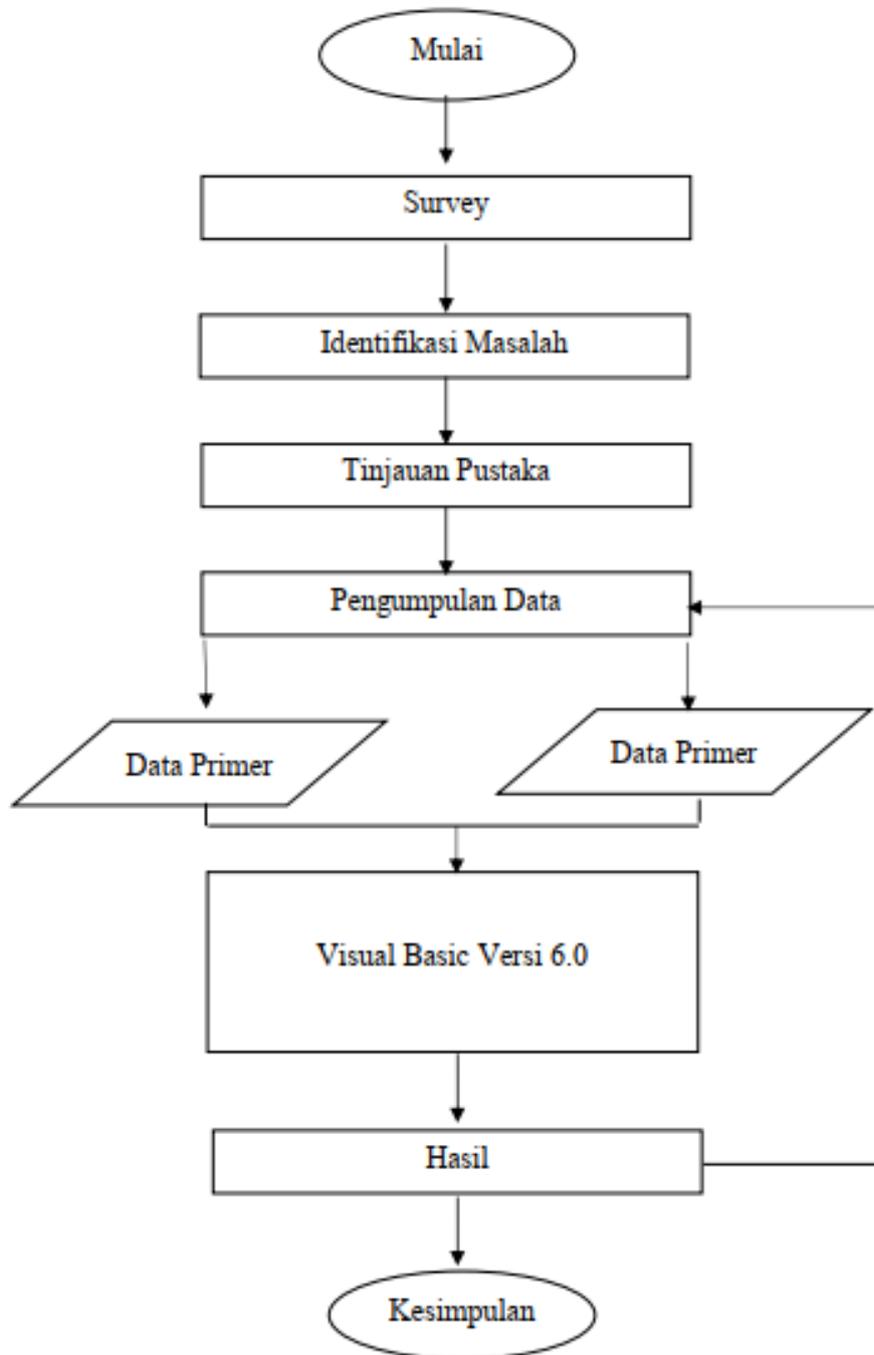
JumlahTulangan = (AsPerlu / (0.25 * 3.14 * (DM * DM)))

Text18.Text = JumlahTulangan

End Sub



3.4 Bagan Alir Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

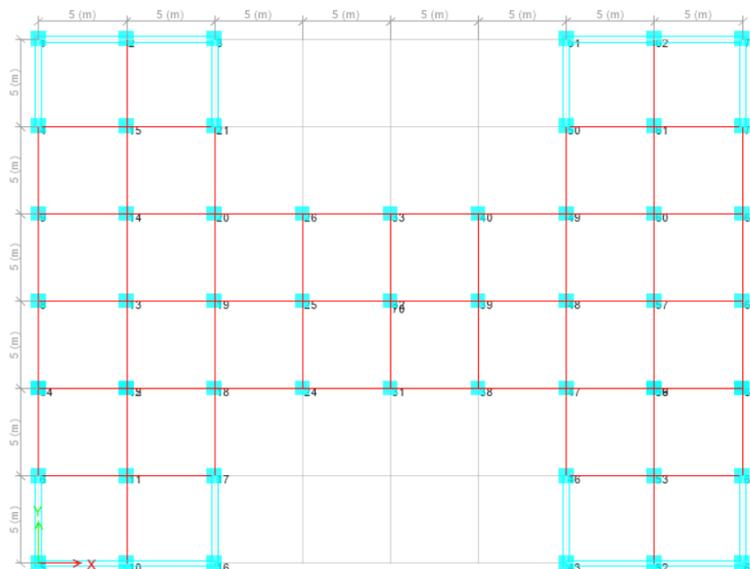
Pemograman komputer yang digunakan dalam skripsi ini yaitu visual basic 6.0. Menggunakan literatur dan pedoman perhitungan mencari rasio tulangan balok. Diperoleh sebuah program komputer (aplikasi) yang diberi nama Calculation Ratio. Yang selanjutnya aplikasi Calculation Ratio akan dilakukan validasi dengan hitungan manual sehingga diperoleh data yang dapat membuktikan bahwa hasil n coding Calculation Ratio sudah benar.

4.2 Pembahasan

A. Data Primer Balok

Tinjauan yang penulisan lakukan untuk menganalisis apakah program yang dijalankan bisa dipakai untuk lapangan atau tidak. Penulis melakukan analisis dengan balok yang ada pada RSUD, Tanah Badantuang, Kec. Sijunjung.

Desain balok akan dihitung secara manual berdasarkan SNI 2748 : 2019 Dalam contoh desain ini, di ambil momen terbesar dari hasil perhitungan program ETABS.



Gambar 4.1 Tampilan x-y bangunan TD

Sumber: ETabs

Kondisi	LOKASI	Mu ETABS	
1	Momen (-) Tumpuan	-458,6601	Kn/m
2	Momen (+) Tumpuan	355,7166	Kn/m
3	Momen (-) Lapangan	-120,4605	Kn/m
4	Momen (+) Lapangan	148,3823	Kn/m

D

ata
prim

er balok yang penulis tinjau tulangnya yaitu :

Untuk tinggi (h) maka perhitungannya adalah $16/L$, dengan jarak bentang 4 meter maka :

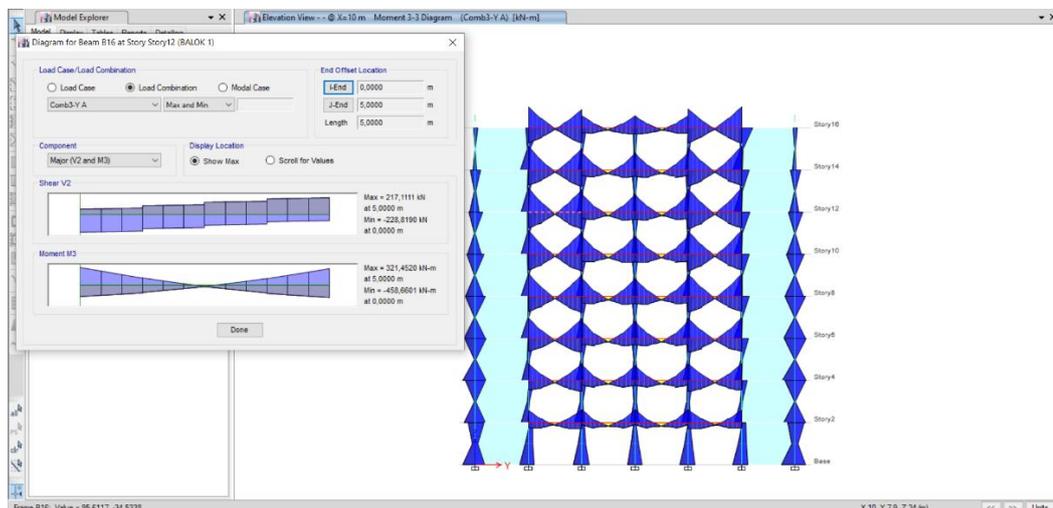
$$8000/16 = 500 \text{ mm}$$

Sedangkan lebarnya (b) rumusnya adalah $1,2 \times h$, sehingga akan didapatkan nilai : $1,2 \times 0,5 = 0,6 / 600 \text{ mm}$

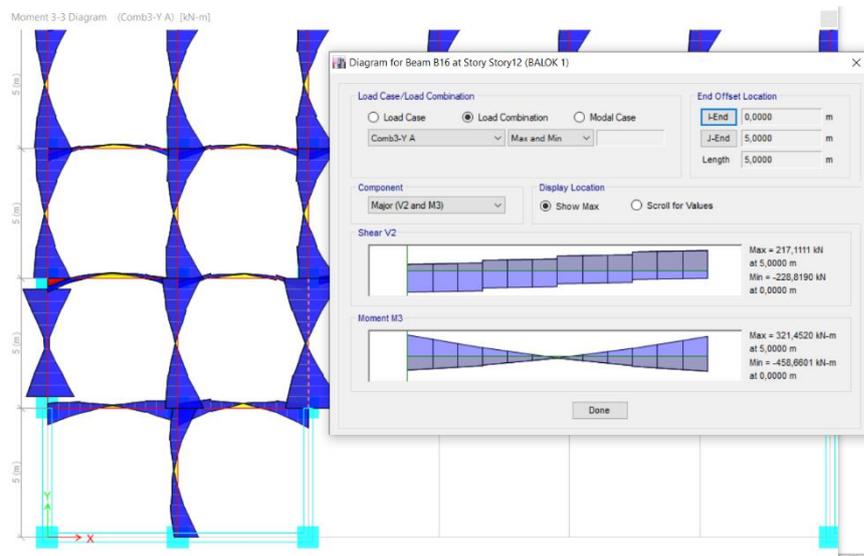
- ~ Mutu Beton (F_c) = 30 MPa
- ~ Mutu Baja (F_y) = 420 MPa
- ~ Lebar Balok (b) = 500 mm
- ~ Tinggi Balok (h) = 600 mm
- ~ Diameter Tulangan Pokok = D25 mm
- ~ Diameter Tulangan Sengkang = D13 mm
- ~ Selimut Beton (a) = 30 mm

4.3 Pembahasan Hasil Penelitian

- Tampak Samping Bangunan Penelitian



Gambar 4.2 Tampak Samping Bangunan Penelitian



- **Kondisi Tulangan Lentur Tumpuan Negatif (-)**

Gambar 4.3 Gambar Momen Ultimate Balok

Sumber : ETabs

1. Cek apakah balok memenuhi definisi komponen struktur lentur
SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1 mensyaratkan bahwa komponen struktur lentur SRPMK harus memenuhi hal-hal berikut:
 - a. Bentang bersih komponen struktur, tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya $L_n = 4150$ mm
$$d = 600 - 30 - 13 - (25/2) = 544,5 \text{ mm}$$
$$4d = 4(544,5) = 2178 \text{ mm} < 4200 \text{ mm}$$
 - b. Perbandingan lebar terhadap tinggi balok tidak boleh kurang dari 0,3h
$$b = 500 \text{ mm}, h = 600 \text{ mm}, b/h = 500/600 = 0,83$$
 - c. Lebar komponen tidak boleh:
 - 1) Kurang dari 250 mm
 - 2) Melebihi lebar komponen struktur pendukung (diukur pada bidang tegak lurus terhadap sumbu longitudinal komponen struktur lentur) ditambah jarak pada tiap sisi komponen struktur pendukung yang

tidak melebihi $\frac{3}{4}$ tinggi komponen struktur lentur.

Lebar balok, $b = 500 \text{ mm} < \text{lebar kolom} = 850 \text{ mm}$

2. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal untuk Menahan Lentur

a. Kondisi 1: Tulangan Lentur Tumpuan Negatif (-)

Menghitung Kebutuhan Tulangan Awal

$$M_u = 458,6601 \text{ kN/m} = 458\,660\,100 \text{ N/mm}$$

Tinggi efektif balok, d (dipasang 1 baris):

$$d = 600 - 30 - 13 - (25/2) = 544,5 \text{ mm}$$

Ratio desain balok beton (dengan asumsi penampang terkendali tarik $\phi = 0.9$)

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{M_u}{\phi bd^2} = \frac{458\,660\,100}{0.9 \times 500 \times 544,5^2} = 3,438$$

Tinggi blok tegangan beton persegi ekuivalen (a):

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 \times f_c}}\right) \times d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3,438}{0.85 \times 30}}\right) \times 544,5$$
$$= 79,167 \text{ mm}$$

Luas tulangan Perlu (A_s):

$$A_s = \frac{0.85 \times f_c \times a \times b}{f_y} = \frac{0.85 \times 30 \times 79,167 \times 500}{420} = 2\,403,284 \text{ mm}^2$$

Cek Kondisi Penampang Awal

Untuk syarat dengan pendetailan khusus, maka elemen lentur harus berada dalam penampang terkendali tarik (tension -controlled).

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 \times (f_c' - 28)}{7} = 0,84 \quad (\text{SNI : 2847:2019 Ps 22.2.2.4.3})$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{79,167}{0,84} = 94,246 \text{ mm}$$

$$c/d = 94,246 / 544,5 = 0,173 < 0,375 \quad (\text{terkendali tarik OK})$$

Cek Syarat Tulangan perlu

Batas tulangan minimum dan maksimum berdasarkan SNI : 2847:2019 Ps 18.6.3.1 sebagai berikut :

Luas Tulangan Perlu (As):

$$A_s = 2\,403,284 \text{ mm}^2$$

Cek Tulangan Minimum:

$$\begin{aligned} A_{s_{\min 1}} &= \frac{0,25\sqrt{f_c}}{f_y} b_w \times d = \frac{0,25\sqrt{30}}{420} \times 500 \times 544,5 \\ &= 887,604 \text{ mm}^2 \\ &= 887,604 \text{ mm}^2 < A_s 2\,403,284 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\min 2}} &= \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 500 \times 544,5}{420} = 907,5 \text{ mm}^2 \\ &= 907,5 \text{ mm}^2 < A_s 2\,403,284 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Tulangan Maksimum:

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,025 \\ A_{s_{\max}} &= 0,025 \times 500 \times 544,5 = 6\,806,25 \text{ mm}^2 > A_s 2\,403,284 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka syarat tulangan minimum dan maksimum terpenuhi, sehingga A_s perlu dapat digunakan.

Kontrol Jarak Spasi Tulangan:

Jumlah Tulangan lentur:

$$n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{1\text{tul}}}} = \frac{2\,403,284}{0,25 \times \pi \times 25^2} = 4,898 \text{ digunakan } 5 \text{ buah}$$

Cek spasi tulangan asumsi awal (dipasang 1 baris):

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - 2 \times d_{\text{ckng}} - 2 \times \phi_{\text{snkgkg}} - n \phi_{\text{tulutama}}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm} \\ &= \frac{500 - (2 \times 30) - (2 \times 13) - (5 \times 25)}{5 - 1} = 72,25 > 25 \text{ mm (Ok)} \end{aligned}$$

Maka dipasang 1 baris tulangan, D25-5 buah tulangan.

$$d = 600 - 30 - 13 - (25/2) = 544,5 \text{ mm}$$

$$A_{s_{\text{aktual}}} = 5 \times (0,25 \times \pi \times 25^2) = 2\,453,125 \text{ mm}^2$$

Cek Kapasitas Penampang Aktual

Tinggi blok tegangan beton persegi ekuivalen (a) aktual :

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{2\,453,125 \times 420}{0,85 \times 30 \times 500} = 80,808 \text{ mm}$$

Momen nominal aktual dikalikan faktor reduksi :

$$\begin{aligned} \phi Mn &= \phi \times As \times fy \times (d - 0,5 \times a) \\ &= 0,9 \times 2\,453,125 \times 420 \times (544,5 - (0,5 \times 80,808)) \\ &= 467\,438\,769 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Cek Kapasitas momen penampang:

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$458\,660\,100 \text{ N/mm} < 467\,438\,769 \text{ N/mm} \dots (\text{OK})$$

The screenshot shows a software interface with the following fields and values:

- Momen Ultimate (Mu): 458,6601 Kn/m
- LEBAR BALOK (b): 500 mm
- TINGGI BALOK (h): 600 mm
- MUTU BETON (Fc): 30 Mpa
- MUTU BAJA (Fy): 420 Mpa
- SELIMUT BETON (a): 30 mm
- Diameter Tulangan Pokok: 25 mm
- Diameter Tulangan Sengkang: 13 mm
- 1/2 Diameter Tulangan Pokok: 12,5 mm
- D EFEKTIF (d): 544,5 mm (highlighted with a red circle)
- Rn: [empty]
- Penampang Terkendali Tarik: 0,9
- Ekuivalen (e): [empty]
- As Perlu: [empty]
- β1: [empty]
- c: [empty]
- Pmin: [empty]
- Pmax: [empty]
- As min 1: [empty]
- As min 2: [empty]
- As max: [empty]
- Jumlah Tulangan Yang Diperbahkan: [empty]

a) Tinggi Efektif Balok, d

Gambar 4.4 Hasil D Efektif di Visual Basic 6.0

Sumber : Visual Basic 6.0

Berdasarkan Gambar 4.4 untuk mencari nilai d efektif menggunakan Calculation Ratio diperoleh sebesar (d) = 544,5 untuk memvalidasi hasil dilakukan dengan hitungan manual seperti berikut

$$d = h - a - \phi ds - (D/2)$$

$$d = 600 - 30 - 13 - (25/2) = 544,5 \text{ mm}$$

Hasil menunjukkan nilai yang sama, hal ini memvalidasi coding yang digunakan dalam pembuatan Calculation Ratio sudah benar.

b) Rasio Desain Balok (asumsi penampang terkendali tarik $\phi = 0,9$)

Gambar 4.5 Hasil Rn di Visual Basic 6.0

Sumber : Visual Basic 6.0

Berdasarkan Gambar 4.5 untuk mencari nilai rasio nominal (R_n) menggunakan Calculation Ratio diperoleh sebesar (R_n) = 3,438 untuk memvalidasi hasil dilakukan dengan hitungan manual seperti berikut

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{M_u}{\phi bd^2}$$

$$R_n = \frac{458,6601}{0,9 \times 500 \times 544,5^2} = 3,438$$

Hasil menunjukkan nilai yang sama, hal ini memvalidasi coding yang digunakan dalam pembuatan Calculation Ratio sudah benar.

c) T

lok Tegangan Beton Persegi Ekuivalen (α) :

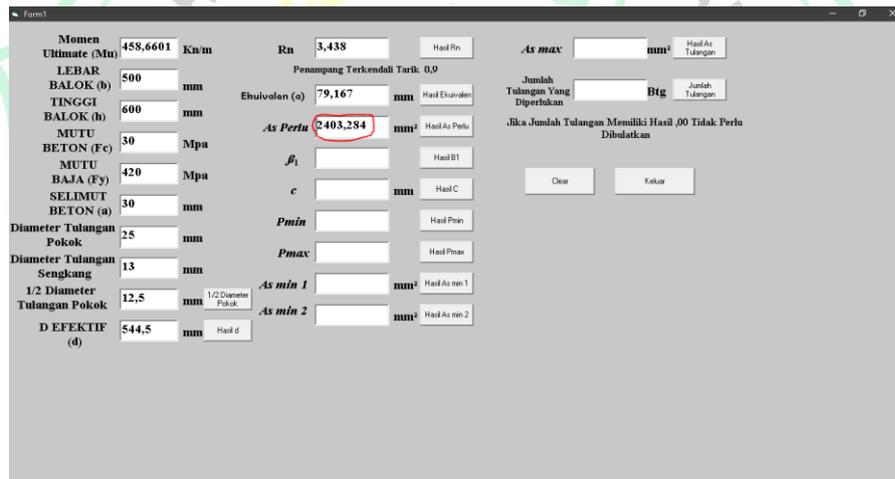
Gambar 4.6 Hasil ekuivalen (α) di Visual Basic 6.0

Berdasarkan Gambar 4.6 untuk mencari nilai Ekuivalen (α) menggunakan Calculation Ratio diperoleh sebesar (α) = 79,167 untuk memvalidasi hasil dilakukan dengan hitungan manual seperti berikut

$$\alpha = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 \times F_c}}\right) \times d$$

$$\alpha = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3,438}{0,85 \times 30}}\right) \times 544,5 = 79,167 \text{ mm}$$

Hasil menunjukkan nilai yang sama, hal ini memvalidasi coding yang digunakan dalam pembuatan Calculation Ratio sudah benar.



d) Luas Tulangan Perlu (As) :

Gambar 4.7 Hasil Luas Tulangan Perlu (As) di Visual Basic 6.0

Sumber : Visual Basic 6.0

Berdasarkan Gambar 4.7 untuk mencari nilai Tulangan Perlu (As) menggunakan Calculation Ratio diperoleh sebesar (As) = 2403,284 untuk memvalidasi hasil dilakukan dengan hitungan manual seperti berikut.

$$A_s = \frac{0,85 \times F_c \times \alpha \times b}{F_y}$$

$$A_s = \frac{0,85 \times 30 \times 79,167 \times 500}{420} = 2403,284$$

Hasil menunjukkan nilai yang sama, hal ini memvalidasi coding yang digunakan dalam pembuatan Calculation Ratio sudah benar.

e) Cek Kondisi Penampang

Untuk syarat dengan pendetailan khusus, maka elemen lentur harus

berada dalam penampang terkendali tarik (tension – controlled)

Gambar 4.8 Hasil β_1 di Visual Basic 6.0

Berdasarkan Gambar 4.8 untuk mencari nilai Tulangan Perlu (As) menggunakan Calculation Ratio diperoleh sebesar (As) = 2403,284 untuk memvalidasi hasil dilakukan dengan hitungan manual seperti berikut.

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 \times (F_c - 28)}{7}$$

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 \times (30 - 28)}{7} = 0,84$$

Hasil menunjukkan nilai yang sama, hal ini memvalidasi coding yang digunakan dalam pembuatan Calculation Ratio sudah benar.

G
a
m
b
a
r

4.9 Hasil c dan c/d di Visual Basic 6.0

Sumber : Visual Basic 6.0

Berdasarkan Gambar 4.9 untuk mencari nilai c dan c/d menggunakan Calculation Ratio diperoleh sebesar (c) = 94,246 dan (c/d) = 0,173 untuk memvalidasi hasil dilakukan dengan hitungan manual seperti berikut.

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{79,167}{0,84} = 94,246 \text{ mm}$$

$$c/d = 94,246 / 544,5 = 0,173 < 0,375 \text{ (terkendali tarik OK)}$$

Hasil menunjukkan nilai yang sama, hal ini memvalidasi coding yang digunakan dalam pembuatan Calculation Ratio sudah benar.

f) Cek Tulangan Maksimum

Momen Ultimate (Mu)	458,6601	Kn/m	Rn	3,438	Hasil Rn	As max		Hasil As Tulangan
LEBAR BALOK (b)	500	mm	Penampang Terkendali Tarik	0,9		Jumlah Tulangan Yang Diperlukan	Btg	Jumlah Tulangan
TINGGI BALOK (h)	600	mm	Ekuivalen (a)	79,167	Hasil Ekuivalen	Jika Jumlah Tulangan Memiliki Hasil ,00 Tidak Perlu Dibulatkan		
MUTU BETON (F _c)	30	Mpa	As Perlu	2403,284	Hasil As Perlu			
MUTU BAJA (F _y)	420	Mpa	β ₁	0,84	Hasil β ₁			
SELIMUT BETON (a)	30	mm	c	94,246	Hasil c			
Diameter Tulangan Pokok	25	mm	c/d	0,173	Hasil c/d			
Diameter Tulangan Sengkang	13	mm	Jika Hasil c/d kecil (< c) dari 0,375 maka hasil terkendali tarik OK					
1/2 Diameter Tulangan Pokok	12,5	mm	Pmin	0,003	Hasil Pmin			
D EFEKTIF (d)	544,5	mm	Pmax	0,023	Hasil Pmax			
			As min 1		Hasil As min 1			
			As min 2		Hasil As min 2			

Gambar 4.10 Hasil Pmin dan Pmax di Visual Basic 6.0

Sumber : Visual Basic 6.0

Berdasarkan Gambar 4.10 untuk mencari nilai Pmin dan Pmax menggunakan Calculation Ratio diperoleh sebesar (Pmin) = 0,003 dan (Pmax) = 0,023 untuk memvalidasi hasil dilakukan dengan hitungan manual seperti berikut.

$$P_{min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{420} = 0,003$$

$$P_{max} = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{(600 + f_y) \cdot f_y} = \frac{382,5 \cdot 0,84 \cdot 30}{(600 + 420) \cdot 420} = 0,023$$

Hasil menunjukkan nilai yang sama, hal ini memvalidasi coding yang digunakan dalam pembuatan Calculation Ratio sudah benar.

g) Cek Tulangan Minimum :

Momen Ultimate (Mu)	458,6601	Kn/m	Rn	3,438	Hasil Rn	As max		mm²	Hasil As Tulangan
LEBAR BALOK (b)	500	mm	Penampang Terkendali Tarik 0,9			Jumlah Tulangan Yang Diperlukan	Btg		Jumlah Tulangan
TINGGI BALOK (h)	600	mm	Ekuivalen (a)	79,167	Hasil Ekuivalen	Jika Jumlah Tulangan Memiliki Hasil ,00 Tidak Perlu Dibulatkan			
MUTU BETON (F _c)	30	Mpa	As Perlu	2403,284	Hasil As Perlu	Clear			
MUTU BAJA (F _y)	420	Mpa	β ₁	0,84	Hasil β ₁	Kalkor			
SELMUT BETON (a)	30	mm	c	94,246	Hasil C				
Diameter Tulangan Pokok	25	mm	c/d	0,173	Hasil c/d				
Diameter Tulangan Sengkang	13	mm	Jika Hasil c/d kecil (<) dari 0,375 maka hasil terkendali tarik OK						
1/2 Diameter Tulangan Pokok	12,5	mm	Pmin	0,003	Hasil Pmin				
D EFEKTIF (d)	544,5	mm	Pmax	0,023	Hasil Pmax				
			As min 1	887,604	Hasil As min 1				
			As min 2	907,5	Hasil As min 2				

Gambar 4.11 Hasil As min 1 dan As min 2 di Visual Basic 6.0

Sumber : Visual Basic 6.0

Berdasarkan Gambar 4.11 untuk mencari nilai Pmin dan Pmax menggunakan Calculation Ratio diperoleh sebesar (Pmin) = 0,003 dan (Pmax) = 0,023 untuk memvalidasi hasil dilakukan dengan hitungan manual seperti berikut.

$$Asmin 1 = \frac{0,25\sqrt{F_c}}{F_y} bxd = 887,604$$

$$Asmin 2 = \frac{1,4 \times bw \times d}{f_y} = 907,5$$

Hasil menunjukkan nilai yang sama, hal ini memvalidasi coding yang

Momen Ultimate (Mu)	458,6601	Kn/m	Rn	3,438	Hasil Rn	As max	6261,75	mm²	Hasil As Tulangan
LEBAR BALOK (b)	500	mm	Penampang Terkendali Tarik 0,9			Jumlah Tulangan Yang Diperlukan	Btg		Jumlah Tulangan
TINGGI BALOK (h)	600	mm	Ekuivalen (a)	79,167	Hasil Ekuivalen	Jika Jumlah Tulangan Memiliki Hasil ,00 Tidak Perlu Dibulatkan			
MUTU BETON (F _c)	30	Mpa	As Perlu	2403,284	Hasil As Perlu	Clear			
MUTU BAJA (F _y)	420	Mpa	β ₁	0,84	Hasil β ₁	Kalkor			
SELMUT BETON (a)	30	mm	c	94,246	Hasil C				
Diameter Tulangan Pokok	25	mm	c/d	0,173	Hasil c/d				
Diameter Tulangan Sengkang	13	mm	Jika Hasil c/d kecil (<) dari 0,375 maka hasil terkendali tarik OK						
1/2 Diameter Tulangan Pokok	12,5	mm	Pmin	0,003	Hasil Pmin				
D EFEKTIF (d)	544,5	mm	Pmax	0,023	Hasil Pmax				
			As min 1	887,604	Hasil As min 1				
			As min 2	907,5	Hasil As min 2				

digunakan dalam pembuatan Calculation Ratio sudah benar.

Gambar 4.12 Hasil As max di Visual Basic 6.0

Sumber : Visual Basic 6.0

Berdasarkan Gambar 4.12 untuk mencari nilai Pmin dan Pmax menggunakan Calculation Ratio diperoleh sebesar (As max) = 6261,75 untuk memvalidasi hasil dilakukan dengan hitungan manual seperti berikut.

$$As_{max} = P_{maks} \times b \times d$$

$$As_{max} = 0,023 \times 500 \times 544,5 = 6261,75 \text{ mm}^2 > As_{2403,284}$$

Hasil menunjukkan nilai yang sama, hal ini memvalidasi coding yang digunakan dalam pembuatan Calculation Ratio sudah benar.

Maka syarat tulangan minimum dan maksimum terpenuhi, sehingga As perlu dapat digunakan

Momen Ultimate (Mu)	458,6601	Kn/m	Rn	3,438	Hasil Rn	As max	6261,75	mm²	Hasil As Tulangan
LEBAR BALOK (b)	500	mm	Penampang Terkendali Tarik	0,9		Jumlah Tulangan Yang Diperlukan	4,898	Btg	Jumlah Tulangan
TINGGI BALOK (h)	600	mm	Ekuivalen (α)	79,167	mm	Hasil Ekuivalen			
MUTU BETON (Fc)	30	Mpa	As Perlu	2403,284	mm²	Hasil As Perlu			
MUTU BAJA (Fy)	420	Mpa	β ₁	0,84	Hasil β ₁				
SELIMUT BETON (a)	30	mm	c	94,246	mm	Hasil C			
Diameter Tulangan Pokok	25	mm	c/d	0,173	Hasil c/d				
Diameter Tulangan Senggang	13	mm	Jika Hasil c/d kecil (<) dari 0,375 maka hasil terkendali tarik OK						
1/2 Diameter Tulangan Pokok	12,5	mm	Pmin	0,003	Hasil Pmin				
D EFEKTIF (d)	544,5	mm	Pmax	0,023	Hasil Pmax				
			As min 1	887,604	mm²	Hasil As min 1			
			As min 2	907,5	mm²	Hasil As min 2			

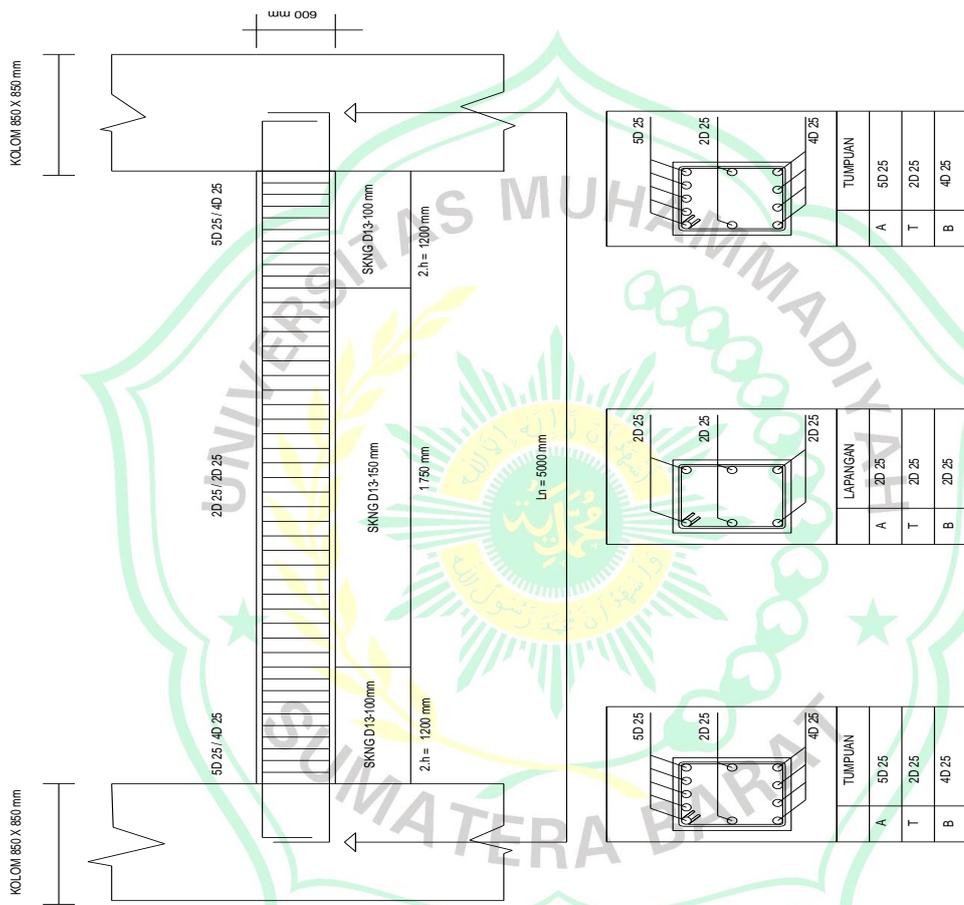
h) Jumlah Tulangan yang Diperlukan Gambar

4.13 Hasil Jumlah Tulangan Yang Diperlukan di Visual Basic 6.0

Berdasarkan Gambar 4.13 untuk mencari Jumlah tulangan (n) menggunakan Calculation Ratio diperoleh sebesar (n) = 4,898 atau 5 batang, untuk memvalidasi hasil dilakukan dengan hitungan manual seperti berikut.

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{1tul}} = \frac{2403,284}{0,25 \times \pi \times 25^2} = 4,898 \text{ digunakan } 5 \text{ batang tulangan}$$

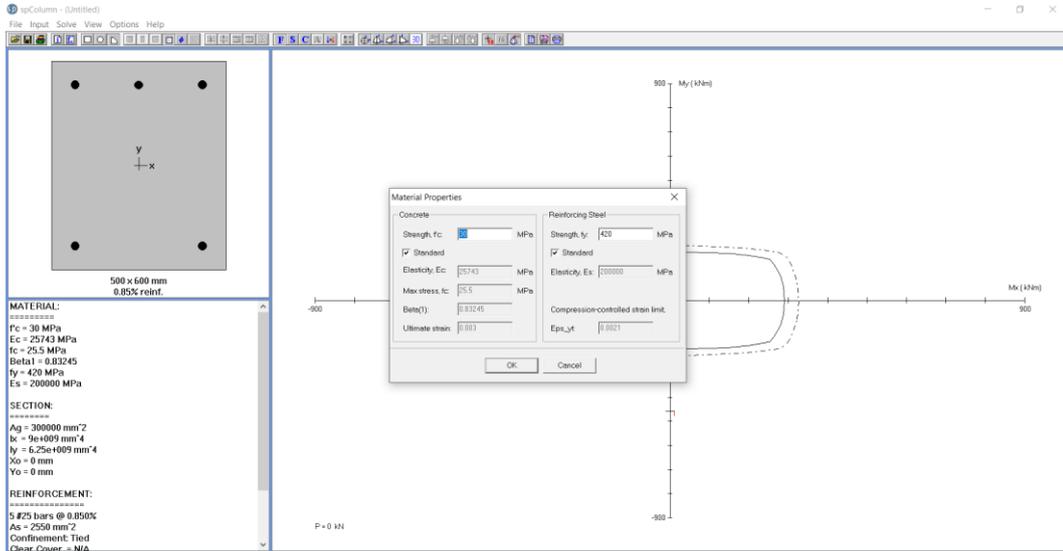
Hasil menunjukkan nilai yang sama, hal ini memvalidasi coding yang digunakan dalam pembuatan Calculation Ratio sudah benar.



TULANGAN BALOK 1 TD

Gambar 4.14 Penulangan Balok

Sumber : Auto Cad



Gambar 4.15 Hasil SPColumn

Sumber: SPColumn



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulannya adalah, Setelah dilakukan pengcodingan pada aplikasi visual basic yang di desain, aplikasi dapat digunakan untuk mencari rasio tulangan yang diperlukan sebagai contoh peneliti telah melakukan analisis

Momen Ultimate (Mu)	458,6601	Kn/m	Rn	3,438	Hasil Rn	As max	6261,75	mm ²	Hasil As Tulangan
LEBAR BALOK (b)	500	mm	Penampang Terkendali Tarik	0,9		Jumlah Tulangan Yang Diperlukan	4,898	Btg	Jumlah Tulangan
TINGGI BALOK (h)	600	mm	Ekuivalen (a)	79,167	mm	Hasil Ekuivalen			
MUTU BETON (F'c)	30	Mpa	As Perlu	2403,284	mm ²	Hasil As Perlu			
MUTU BAJA (Fy)	420	Mpa	β_1	0,84	Hasil B1				
SELMUT BETON (as)	30	mm	c	94,246	mm	Hasil C			
Diameter Tulangan Pokok	25	mm	c/d	0,173	Hasil c/d				
Diameter Tulangan Senggang	13	mm	Jika Hasil c/d kecil (-) dari 0,375 maka hasil terkendali tarik OK						
1/2 Diameter Tulangan Pokok	12,5	mm	Pmin	0,003	Hasil Pmin				
D EFEKTIF (d)	544,5	mm	Pmax	0,023	Hasil Pmax				
			As min 1	887,604	mm ²	Hasil As min 1			
			As min 2	907,5	mm ²	Hasil As min 2			

likasi dengan memakai data momen ultimate primer balok.

Dari hasil analisis yang dilakukan hasilnya sama dengan memakai rumus rasio tulangan secara manual dan mendapatkan hasil yang sama.

5.2 Saran

1. Peneliti menyarankan untuk desain selanjutnya dapat dibuat lebih interaktif agar lebih mudah digunakan oleh pengguna.
2. Peneliti menyarankan agar aplikasi ini dapat dipadukan dengan program aplikasi yang lain agar dapat membuat aplikasi yang lebih lengkap tidak hanya tentang rasio tulangan
3. Peneliti menyarankan untuk pengcodingan selanjutnya mencari database yang dapat menyimpan data yang telah dicari

DAFTAR PUSTAKA

- INDRA DEGREE KARIMAH, *Analisis Rasio Tulangan Kolom Beton Berpenampang Bulat Menggunakan Visual Basic 6.0*
- SK SNI T-15-1991-03, *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*
- JOHAN OBERLIN SIMANJUNTAK, ST., MT dan TIURMA ELITA SARAGI, ST., MT., *Perbandingan Kekuatan Balok Persegi dan Balok T Dengan Luas Penampang dan Luas Tulangan yang Sama*
- Purwono, R., Tavio, Imran, I., dan Raka, I.G.P., *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) Dilengkapi Penjelasan (S2002)*, ITS Press, Surabaya, 2007, 408 hal.
- Dewobroto, W., *Aplikasi Sain dan Teknik dengan Visual Basic 6.0*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 2003, 317 hal.
- Dewobroto, W., *Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan Visual Basic 6.0 (Analisis dan Desain Penampang Beton Bertulang sesuai SNI 03-2847-2002)*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 2005, 451 hal.
- Dipohusodo, Istimawan., *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*, Penerbit Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1999
- Bastian, Elfania. "Pengaruh Jenis Tulangan Terhadap Efektifitas Kinerja Balok Beton Bertulang." *Rang Teknik Journal* 1.2 (2018).
- Masril, M. (2018). Perbandingan Kuat Tekan Beton antara Campuran Agregat Kasar Batu Pecah (Split) dengan Batu Alam Palembang untuk Beton Struktur. *Rang Teknik Journal*, 1(1).