

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat telah berpengaruh dalam bidang teknik sipil. Perkembangan teori dalam perencanaan struktur yang semakin dinamis menuntut sebuah elemen struktur tidak hanya mampu dalam menerima beban tetapi juga mempertimbangkan dari segi ekonomis. Perkembangan teknologi komputer juga berperan dalam perencanaan sebuah struktur. Permasalahan perencanaan yang menuntut beberapa alternatif solusi dapat diselesaikan dengan cepat oleh komputer.

Prosedur coba-coba dan penyesuaian untuk menentukan penampang dalam perencanaan struktur merupakan salah satu proses yang harus dilakukan oleh perencana. Elemen struktur seperti pelat, balok, kolom dan pondasi tidak bisa lepas dari bagian tersebut. Lebih khusus untuk pondasi, dimana merupakan elemen struktur paling bawah yang meneruskan beban dari elemen struktur di atasnya sehingga dapat mewujudkan sebuah struktur yang kokoh.

Apabila pondasi tidak direncanakan dengan baik, maka ada bagian dari struktur yang mengalami penurunan yang lebih besar daripada bagian di sekitarnya. Hal ini akan mengakibatkan penambahan tegangan yang pada akhirnya akan terjadi pula deformasi yang berlebihan. Momen-momen lentur maupun torsi tambahan yang melebihi kapasitas tahanan elemen struktur dapat mengakibatkan retak yang berlebihan karena lelehnya tulangan, dan pada akhirnya mengakibatkan terjadinya keruntuhan bangunan.

Berbeda dengan penurunan tak sama, penurunan seragam hanya mengakibatkan sedikit bahkan tidak ada penambahan tegangan. Maka struktur yang mengalami penurunan seragam berperilaku seperti benda yang mengapung, yaitu dapat berubah posisi tanpa terjadi kerusakan.

Jenis pondasi yang dipilih juga harus disesuaikan dengan beberapa faktor, yaitu denah letak tumpuan, kondisi tanah dan ekonomis. Hal ini dapat ditunjang

dengan kelengkapan data-data tanah yang diperoleh dari penyelidikan tanah baik lapangan maupun laboratorium.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari uraian diatas dapat disimpulkan, bahwa perencanaan pondasi merupakan sebuah proses analisis yang membutuhkan ketepatan. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang pesat dapat membantu para perencana dalam proses analisis perencanaan sebuah pondasi. Dengan menggunakan *software* komputer, proses yang rumit tersebut dapat diselesaikan dengan cepat, mudah, dan tepat.

Sebelumnya memang telah ada *software* yang dapat membantu perencanaan pondasi yaitu Staad foundation. Namun *software* tersebut hanya menggunakan standarisasi (*design code*) USA, British, dan India. Selain itu, untuk mendapatkan lisensi *software* tersebut sangatlah mahal. Selain Staad foundation, para perencana biasanya telah membuat semacam *template document* dalam Microsoft Excel. Akan tetapi hal tersebut dirasakan tidak praktis karena pengerjaannya yang menggunakan Work Sheet sehingga *print out*-nya tidak bisa sempurna.

Dari uraian tersebut, dapat disimpulkan permasalahan yang perlu diselesaikan adalah sebagai berikut :

- a. Perlunya sebuah *software* yang murah dan mudah digunakan (*friendly user*)
- b. Sebuah *software* yang proses perencanaannya berdasarkan standarisasi Indonesia, yaitu SNI Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam pembuatan program aplikasi perencanaan pondasi telapak ini, dilakukan pembatasan sebagai berikut :

- a. Program dibuat untuk pondasi dangkal, yaitu telapak dinding dan telapak setempat.
- b. Proses yang dijalankan merupakan proses perhitungan dalam perencanaan pondasi telapak yang meliputi dimensi, kontrol kuat geser baik satu arah dan



dua arah kerja, kontrol lentur, penulangan dan panjang penyaluran kuat tumpu.

- c. Program dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman Microsoft Visual Basic 6.0
- d. Teori yang digunakan dalam pemrograman diambil dari buku-buku struktur beton bertulang umum, yang berdasarkan pada SNI - 03 - 2847 – 2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
- e. Hasil analisa dan desain pondasi merupakan hasil kontrol struktur dan tidak ditinjau terhadap aspek geoteknik (kontrol daya dukung tanah).

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian sebelumnya, maka dapat dirumuskan masalah yang akan diselesaikan adalah :

- a. Bagaimana menyelesaikan perencanaan pondasi telapak dinding dan telapak setempat sesuai dengan kontrol yang berlaku (kontrol tegangan ijin tanah, geser, dan lentur) secara cepat dan tepat.
- b. Bagaimana menyusun sebuah program yang mudah digunakan untuk pengguna.

1.5 Tujuan dan Manfaat Skripsi

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk membuat sebuah program aplikasi *civil engineering* yang memudahkan proses perencanaan pondasi sesuai dengan kontrol yang berlaku (kontrol tegangan ijin tanah, geser, dan lentur). Dengan adanya program tersebut, diharapkan proses perencanaan pondasi menjadi lebih mudah dan praktis.

Selain itu, penulisan *source code* program ini diharapkan bisa berguna pula untuk mengetahui dasar pembuatan program yang mencakup beberapa metode beserta pengaplikasiannya ke dalam bahasa pemrograman Microsoft Visual Basic.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Deskripsi Pondasi

Pondasi merupakan komponen struktur pendukung bangunan yang terletak paling bawah (*substructure*) dan berfungsi meneruskan beban-beban dari *upper structure* ke lapisan tanah yang mendukungnya. Perencanaan pondasi yang baik harus memperhitungkan keamanan pondasi dari kegagalan yang mungkin terjadi, yaitu penurunan tak sama (*differential settlement*) pada sistem strukturnya dan juga keruntuhan pada tanah pendukungnya akibat daya dukung tanah yang tidak mampu menerima beban (Edward G.Nawy, 1990).

Pada dasarnya pondasi terbagi menjadi dua, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Definsi dari pondasi dangkal adalah jika $D/B < 4$, jika tidak maka termasuk pondasi dalam. Pada pondasi dangkal, beban langsung diterima tanah, sedangkan pondasi dalam berfungsi meneruskan beban ke lapisan tanah keras.

Salah satu pondasi beton bertulang yang paling sederhana adalah pondasi telapak. Pembahasan pada penulisan ini dibatasi hanya mengenai telapak dinding dan telapak setempat.

2.2. Jenis Pondasi

2.2.1. Pondasi Telapak Dinding

Pondasi telapak dinding atau *wall footing* terdiri atas jalur pelat di sepanjang dinding, tebalnya lebih tebal daripada tebal dinding. Pelat ini dianggap sebagai kantilever yang mengalami beban yang berasal dari tegangan tanah. Panjang pelat ini ditentukan oleh tegangan dukung tanah.

Dalam perencanaannya, pondasi telapak dinding diperhitungkan berpenampang persegi panjang dan ditinjau per-segmen 1 meter. Pondasi telapak dinding dapat berupa beton bertulang atau tanpa tulangan. Apabila pondasi mendukung beban yang relatif ringan di atas tanah dasar kering tanpa kohesi, pondasi dapat dibuat dari beton tanpa tulangan (beton polos). Untuk perencanaan

pondasi telapak tanpa tulangan umumnya mengabaikan peninjauan kuat geser, karena pondasi cukup tebalnya sehingga pengaruhnya cukup kecil. Apabila menggunakan ketentuan SNI – 03 – 2847 – 2002 butir 24.7(6(2)) untuk komponen struktur yang hanya dibebani oleh geser dan lentur saja, maka tegangan geser rata-rata pada pondasi beton tanpa tulangan terletak diatas tanah yang dianggap berperilaku sebagai balok satu arah tidak boleh melampaui $V_n = \frac{2}{9} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot h$ (2.1)

Pada umumnya didalam praktek juga dipasang tulangan baja memanjang untuk pondasi beton dinding menerus, baik yang menggunakan tulangan pokok melintang (arah lebar) ataupun tidak. Pemasangan tulangan tersebut pada hakekatnya akan memberikan integritas struktural karena dapat mengekang terjadinya pergerakan yang berbeda dari bagian-bagian pondasi (*differential settlement*, misalnya) yang dapat mengakibatkan retak melintang (arah lebar). Dengan dipasangnya tulangan memanjang juga akan memberikan cadangan kuat lentur arah memanjang pondasi untuk mengantisipasi munculnya banyak hal yang sukar ditentukan baik dari perilaku tanah yang mendukung pondasi ataupun beban kerja (Istimawan Dipohusodo, 1994).

2.2.2. Pondasi Telapak Setempat

Pondasi telapak setempat atau *Isolated footing* adalah jenis pondasi yang umumnya digunakan untuk bangunan sederhana, karena proses perencanaannya paling sederhana dibandingkan jenis pondasi lainnya. Pondasi telapak setempat pada umumnya berbentuk telapak bujur sangkar atau persegi panjang apabila terdapat pembatasan ruang.

Pada dasarnya pondasi tersebut berupa suatu pelat yang langsung menyangga sebuah kolom. Dalam menyangga beban konsentris, pondasi telapak setempat berlaku dan diperhitungkan sebagai struktur kantilever dua arah (x dan y) dengan beban tegangan tanah ke arah atas pada telapak pondasi. Tegangan tarik terjadi pada kedua arah dibagian bawah pondasi telapak. Jenis pondasi ini menggunakan penulangan pada kedua arah dan cukup ekonomis dari segi biaya (Istimawan Dipohusodo, 1994).

Dalam perencanaan pondasi telapak setempat, perlu diperhitungkan kuat geser baik satu arah maupun dua arah kerja, kuat lentur dan penyaluran kuat tumpu.

2.3. Beban dan Reaksi

Pondasi telapak harus dirancang untuk menahan beban terfaktor dan reaksi tanah yang diakibatkannya. Untuk memperkecil tegangan yang terjadi pada tanah, maka diperlukan luasan telapak yang dapat mendistribusikan beban-beban yang bekerja secara merata pada tanah. Luas bidang dasar pondasi telapak tersebut harus ditetapkan berdasarkan gaya-gaya tidak terfaktor yang disalurkan oleh pondasi pada tanah berdasarkan tegangan tanah ijin yang diperoleh dari penyelidikan tanah.

Alternatif lain yang bisa digunakan untuk memperkecil tegangan adalah penggunaan umpak pedestal. Penggunaan umpak pedestal beton di antara kolom dan pondasi merupakan hal yang umum dalam praktek perencanaan bangunan. Umpak pedestal berfungsi untuk menebarkan beban kolom ke bidang yang lebih luas pada pondasi sehingga akan memberikan desain pondasi yang lebih ekonomis.

Definisi dari umpak pedestal itu sendiri yaitu apabila rasio dari tinggi terhadap ukuran terpendek ke arah lateral kurang dari tiga, yang secara teoritis tidak memerlukan penulangan. Tetapi jika rasio tersebut lebih dari tiga, maka didefinisikan kolom dan dengan demikian harus direncanakan dan diberi penulangan sebagaimana layaknya kolom (Istimawan Dipohusodo, 1994).

Seberapa luas penampang lintang umpak pedestal yang diperlukan, pada umumnya ditentukan dengan mendasarkan pada kuat tumpuan beton seperti yang ditentukan pada SNI – 03 – 2847 – 2002 butir 12.17, atau dengan menyesuaikan terhadap ukuran pelat baja umpak kolom, atau sesuai dengan kebutuhan untuk maksud menebarkan beban kolom pada bidang yang lebih luas pada pondasi.

2.3.1. Tegangan Tanah Pada Dasar Pondasi

Perencana struktur harus memperoleh data tanah selengkap yang diperlukan sebelum menentukan jenis maupun tata letak pondasi suatu struktur yang direncanakan. Daya dukung tanah biasanya ditentukan dengan pengeboran tanah maupun dengan penyelidikan tanah lainnya. Apabila untuk desain prarencana tidak

tersedia data yang cukup dipercaya, khususnya untuk kondisi normal pada berbagai kedalaman pondasi, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Prakiraan Daya Dukung Tanah (Ton/ft²)

Jenis tanah	Daya dukung (Ton/ft ²)
Kristal batuan masif seperti granit, diorite, gnesis, dan batu trap	100
Batuan <i>foliated</i> seperti skis atau <i>slate</i>	40
Batuan endapan seperti hard shale, batu pasir, batu kapur, dan batu lanau	15
Campuran kerikil – pasir dan kerikil tanah (tanah GW dan GP)	
Kepadatan tinggi	5
Kepadatan sedang	4
Kepadatan lepas (tidak dipadatkan)	33
Pasir berkerikil dan pasir bergradasi baik (tanah SW)	
Kepadatan tinggi	3,75
Kepadatan sedang	3
Kepadatan lepas (tidak dipadatkan)	2,25
Pasir berkerikil dan pasir bergradasi buruk (tanah SW)	
Kepadatan tinggi	3
Kepadatan sedang	2,5
Kepadatan lepas (tidak dipadatkan)	1,75
Campuran kerikil – pasir dan lanau (tanah GM)	
Kepadatan tinggi	3,5
Kepadatan sedang	2
Kepadatan lepas (tidak dipadatkan)	1,5
Campuran lanau – pasir dan pasir berlanau (tanah SM)	2
Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung, pasir kelempungan, campuran pasir-lempung (tanah GC dan SC)	1
Lanau anorganik dan pasir halus; pasir halus kelanauan atau kelempungan dan lanau kelempungan dengan plastisitas sedang; lempung dengan plastisitas sedang; lempung berkerikil; lempung kepasiran; lempung kelanauan; lempung kurus (tanah ML dan CL)	1
Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk; tanah kelanauan atau kepasiran halus yang mengandung mika, lanau elastis (tanah CH dan MH)	1

Sumber : Edward G. Nawy , 1990 : 527

Distribusi tegangan dukung tanah terhadap pondasi bergantung pada bagaimana beban dari kolom atau dinding diteruskan ke pelat pondasi, dan bergantung pula pada derajat kekakuan pondasi. Tanah dibawah pondasi dianggap merupakan material elastis homogen dan pondasinya dianggap kaku seperti halnya jenis-jenis pondasi yang banyak dijumpai (Edward G Nawy,1990).

Dengan demikian tegangan dukung tanah dapat dipandang terdistribusi merata apabila beban reaksinya mempunyai titik tangkap yang melalui sumbu pelat pondasi. Apabila bebannya tidak melalui sumbu tersebut, atau tidak bekerja secara simetris, maka distribusi tegangan tanah akan berbentuk trapesium sebagai akibat kombinasi momen lentur dan gaya aksial. Dalam hal beban eksentris atau momen

yang disebabkan oleh suatu kombinasi pembebanan, maka tegangan tanah yang terjadi tidak boleh melebihi tegangan tanah yang diijinkan.

2.3.2. Pengaruh Beban Eksentris terhadap Pondasi

Seringkali pondasi dibebani secara tak sentris, yaitu bila posisi kolom yang ditumpu tidak terletak pada pusat bidang pondasi, atau bila ada momen lentur. Pada kedua kasus ini efek beban pada pondasi dapat diwakili oleh gaya aksial P dan momen M . Untuk beban eksentris, apabila eksentrisitas tersebut sangat besar maka dapat terjadi tegangan tarik pada satu sisi pondasi karena distribusi tegangan lentur bergantung pada besarnya eksentrisitas beban (Edward G Nawy, 1990). Besar dari eksentrisitas tersebut dapat digolongkan dalam kasus berikut :

1. Kasus eksentrisitas $e < L/6$, maka tegangan yang terjadi:

$$q_{\max}^{\pm} = \frac{P}{A} \pm \frac{6 \cdot M}{B \cdot L^2} \quad (2.2)$$

2. Kasus eksentrisitas $e > L/6$, maka tegangan yang terjadi:

$$q_{\max} = \frac{2P}{3B \left(\frac{L}{2} - e \right)} \quad (2.3)$$

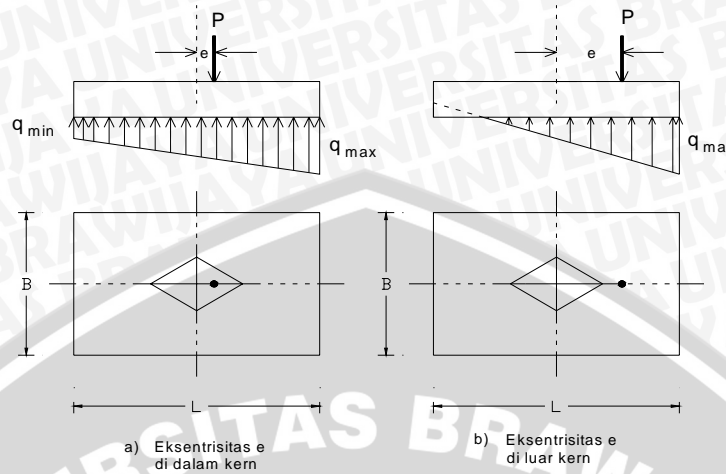
dimana :

P : Gaya aksial

B : Lebar pondasi

L : Panjang Pondasi

Oleh karena itu disarankan untuk merancang ukuran denah pondasi sehingga titik tangkap gaya normal tersebut terletak pada bidang kern tengah. Dengan q_{\max} tidak boleh lebih besar dari q_{ijin} , pondasi harus cukup kuat untuk menahan semua momen, gaya geser dan semua gaya internal akibat beban yang bekerja. Untuk peninjauan kekuatan, faktor beban diterapkan, dan tegangan tanah mesti dihitung kembali berdasarkan beban terfaktor.



Gambar 2.1 : Pondasi dengan beban eksentrisitas

2.4. Peninjauan Desain Terhadap Geser

Pondasi telapak bekerja ke arah x dan y, sehingga perhitungan kuat gesernya harus mempertimbangkan dua jenis yang berbeda, yaitu kuat geser satu arah (kuat geser balok) dan kuat geser dua arah (geser pons). Pada umumnya tebal pondasi yang diperlukan ditentukan berdasarkan pada syarat kuat geser yang harus dipenuhi. Di dalam SNI – 03 – 2847 – 2002 butir 17.7, ketebalan minimum pondasi telapak di atas lapisan tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi telapak di atas tanah; ataupun tidak kurang dari 300 mm untuk pondasi di atas ring.

Untuk pondasi dinding, kuat geser satu arah cukup signifikan dalam menentukan ketebalan pondasi sehingga peninjauan geser cukup dilakukan dengan analisis geser satu arah.

Berdasarkan SNI – 03 – 2847 – 2002 butir 13, dimana perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada :

$$\phi V_n \geq V_u, \tag{2.4}$$

dimana :

ϕ : faktor reduksi geser = 0,75

V_u : gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau.

V_n : kuat geser nominal yang dihitung dari $V_n = V_c + V_s$ (2.5)

Dengan V_c adalah kuat geser beton dan V_s adalah kuat geser tulangan.

Apabila persyaratan yang dituliskan pada persamaan 2.4 tidak terpenuhi, maka harus dipasang tulangan geser. Penggunaan penulangan geser di dalam pondasi tidak disarankan karena tidak praktis, terutama berkaitan dengan kesulitan pemasangan disamping lebih praktis untuk menambah ketebalan pondasi sedikit saja. Oleh karena itu, umumnya perencanaan kuat geser pondasi telapak didasarkan sepenuhnya pada kuat geser beton saja (Istimawan Dipohusodo, 1994).

Pada perencanaan pondasi telapak dinding tanpa penulangan, ketebalan pondasi diasumsikan mampu menahan tegangan tarik yang terjadi, dimana tegangan tarik beton f_t pada sisi permukaan dasar pondasi yaitu :

$$f_t = \frac{Mu}{\frac{1}{6}bh^2} \quad (2.6)$$

dengan batasan bahwa tegangan tarik maksimum ijin yang timbul di dalam pondasi beton tanpa penulangan adalah $f_t = \frac{2}{3} \phi \cdot (f_r)$, (2.7)

maka tebal pondasi yang mampu menahan tegangan tarik dapat diperoleh.

dimana: $b = 1$ meter dan $h =$ tebal pondasi

$$\phi = 0,60$$

$$f_r = \text{modulus keruntuhan lentur beton} = 0,70 \sqrt{f_c'} \quad (2.8)$$

2.4.1. Analisis Geser Satu Arah

Perilaku pondasi telapak yang bekerja pada satu arah dapat disamakan dengan balok atau pelat penulangan satu arah. Penampang kritis geser satu arah pada pondasi adalah pada bidang vertikal memotong lebar ditempat yang berjarak sama dengan tinggi efektif (d) dari muka beban terpusat atau bidang reaksi. Dalam hal demikian, apabila hanya geser dan lentur yang bekerja, kekuatan geser nominal penampang tersebut adalah:

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \right) \cdot b_w \cdot d \quad (2.9)$$

dimana :

f_c' : kuat tekan beton

b_w : lebar pondasi telapak

d : tinggi efektif pondasi atau jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

Pada pondasi telapak persegi panjang, pemeriksaan kuat geser satu arah kerja dilakukan untuk arah melintang sisi pendek saja. Hal ini dikarenakan kuat geser arah melintang sisi pendek lebih besar dibandingkan dengan kuat geser sisi panjang, sehingga gaya geser total terfaktor yang bekerja pada penampang kritis masih terkontrol (Istimawan Dipohusodo, 1994).

2.4.2. Analisis Geser Dua Arah

Gaya geser dua arah disebabkan oleh kolom atau umpak pedestal yang cenderung mendesak melubangi pelat telapak pondasi sehingga menimbulkan tegangan di sepanjang keliling kolom atau umpak pedestal.

Berdasarkan SNI – 03 – 2847 – 2002 butir 13.12 (1(2)), gaya geser dua arah dimana masing-masing penampang kritis yang akan ditinjau haruslah ditempatkan sedemikian hingga perimeter penampang (b_o), adalah minimum, tetapi tidak perlu lebih dekat daripada jarak $d/2$ ke :

- tepi atau sudut kolom, beban terpusat atau daerah reaksi atau
- lokasi perubahan ketebalan pelat seperti pada tepi kepala kolom atau tepi daerah penebalan pelat.

Perencanaan pondasi telapak untuk aksi dua arah harus didasarkan pada persamaan 2.4 dan 2.5, dimana nilai V_c diambil sebagai nilai terkecil dari persamaan-persamaan berikut:

$$a) \quad V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{6} \quad (2.10)$$

dengan β_c adalah rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom, daerah beban terpusat atau daerah kolom.

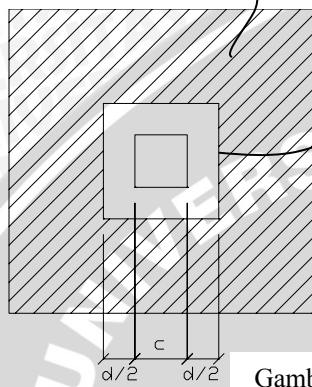
$$b) \quad V_c = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{12} \quad (2.11)$$

dengan α_s adalah 40 untuk kolom dalam, 30 untuk kolom tepi, 20 untuk kolom sudut, dan

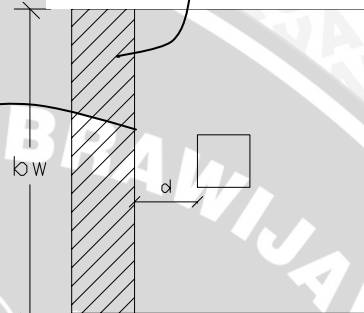
$$c) Vc = \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d \quad (2.12)$$

Letak penampang kritis untuk masing-masing kondisi seperti pada gambar berikut ini:

daerah pembebanan yang diperhitungkan untuk geser penulangan dua arah



daerah pembebanan yang diperhitungkan untuk geser penulangan satu arah



Penampang kritis geser

Gambar 2.2 : Analisis geser pondasi telapak

Untuk kedua jenis kuat geser pada pondasi tersebut, apabila untuk keduanya tanpa penulangan geser, sebagai dasar perencanaan kuat geser adalah $V_u \leq \phi V_n$, dimana $V_n = V_c$.

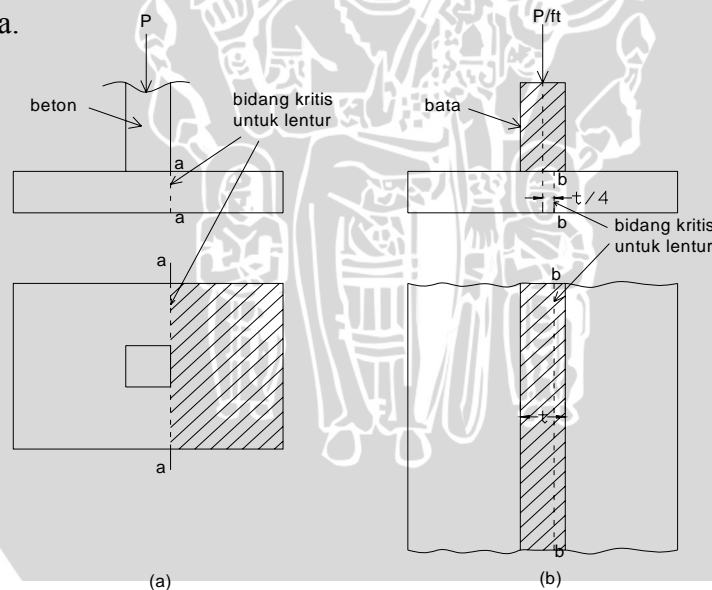
2.5. Peninjauan Desain Terhadap Lentur dan Penulangan

Sesuai dengan uraian sebelumnya, untuk menyederhanakan perencanaan yaitu pondasinya dianggap kaku dan tanah di bawahnya dianggap merupakan lapisan yang elastis. Dengan demikian distribusi tegangan tanah dapat dianggap merata atau secara linier. Tegangan tanah terfaktor yang digunakan untuk menghitung momen lentur dan gaya geser pada pondasi, diperoleh dari persamaan 2.2 dan 2.3 yang tergantung oleh besar eksentrisitas. Apabila pondasi di bawah kolomnya dianggap sebagai lantai yang terbaik, dimana intensitas tegangan tanah terfaktor dianggap bekerja pada pelat kantilever yang ditumpu kolom, maka pelat tersebut akan mengalami momen lentur dan geser seperti halnya pelat aktual yang mengalami beban gravitasi (Edward G Nawy, 1990).

2.5.1. Analisis Lentur

Penentuan ukuran dan jarak spasi tulangan baja merupakan fungsi momen lentur yang timbul akibat tegangan tanah ke atas (setelah dikurangi dengan berat pelat pondasi). Momen terfaktor maksimum pada suatu penampang pondasi ditentukan berdasarkan perhitungan momen rencana akibat gaya-gaya yang bekerja di seluruh luas pondasi pada satu sisi bidang vertikal yang dianggap melalui pondasi. Sesuai dengan SNI – 03 – 2847 – 2002 butir 17.4(2), bidang tersebut diambil pada lokasi sebagai berikut :

1. Pada muka kolom, pedestal, atau dinding, untuk pondasi telapak yang mendukung kolom, pedestal, atau dinding beton;
2. Setengah dari jarak yang diukur dari bagian tengah ke tepi dinding, untuk pondasi yang mendukung dinding pasangan;
3. Setengah dari jarak yang diukur dari muka kolom ke tepi pelat alas baja, untuk pondasi yang mendukung kolom yang menggunakan pelat dasar baja.



Gambar 2.3 : Bidang kritis untuk lentur : (a) kolom beton; (b) dinding bata.

Sumber : Edward G. Nawy , 1990 : 540

Untuk analisis momen lentur pada pondasi telapak persegi panjang, dilakukan peninjauan terpisah untuk masing-masing arah dengan letak penampang kritis momen lentur pada bidang muka kolom. Dalam prakteknya, momen rencana arah memanjang cukup menentukan untuk perencanaan penulangan. Oleh karena itu,

supaya praktis digunakan batang tulangan yang sama antara arah memanjang dan arah lebar, tetapi distribusi penulangannya berbeda (Istimawan Dipohusodo, 1994).

Pemasangan tulangan memanjang pada pondasi telapak dinding beton dapat berfungsi sebagai cadangan kuat lentur arah memanjang pondasi untuk mengantisipasi munculnya banyak hal yang sukar ditentukan baik dari perilaku tanah yang mendukung pondasi maupun beban yang bekerja. Perencanaan tulangan arah memanjang menggunakan nilai rasio minimum, diperhitungkan sama dengan tulangan susut dan suhu pada pelat penulangan satu arah, yaitu :

$$A_s = \rho b d \quad (2.13)$$

dimana persyaratan dalam SNI – 03 – 2847 – 2002 butir 9.12(2(1)), rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton adalah sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

a) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300	0,0020
b) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400	0,0018
c) Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 %	$(0,0018)400 / f_y$

2.5.2. Penulangan dan Penyaluran Kuat Tumpu

Setelah mendapatkan momen rencana (M_u) pada saat analisa lentur, maka perhitungan penulangan dapat diselesaikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_s = \rho b d \quad (2.14)$$

dengan syarat : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, dimana :

A_s : Luas tulangan

ρ : Rasio penulangan

b : Lebar penampang

d : Tinggi efektif

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \quad (2.15)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.16)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_{\text{bal}} \quad (2.17)$$

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (2.18)$$

faktor $\beta_1 = 0,85$ untuk beton dengan nilai $f_c' \leq 30$ Mpa, sedangkan beton dengan nilai $f_c' > 30$ Mpa, faktor $\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30) \geq 0,65$ (2.19)

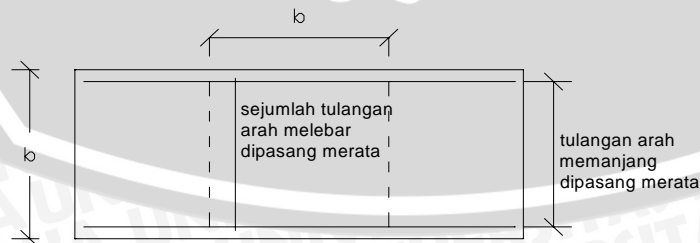
$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \quad (2.20)$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}, \text{ dimana } \phi = 0,80 \quad (2.21)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{M_u}{0,8 \cdot b \cdot d^2} \quad (2.22)$$

Penulangan pada pondasi telapak bujur sangkar dipasang tersebar merata ke seluruh lebar pondasi untuk kedua arah. Karena besarnya momen lentur sama untuk kedua arah, maka baik ukuran maupun jarak spasi batang tulangan baja untuk kedua arah juga sama. Akan tetapi, tinggi efektif beton untuk masing-masing arah tidak sama, karena seperti diketahui batang tulangan baja saling bertumpangan untuk kedua arah. Meskipun demikian, perhitungan perencanaan didalam praktek kadang-kadang menggunakan tinggi efektif rata-rata yang ditentukan sama untuk kedua arah.

Sedangkan pada pondasi telapak persegi panjang, pemasangan dan penyebaran penulangan berbeda dengan yang dilaksanakan pada pondasi telapak bujur sangkar. Batang tulangan ke arah memanjang disusun dan disebar merata di sepanjang lebar pondasi, sedangkan sebagian dari batang tulangan yang diperlukan ke arah lebar ditempatkan pada suatu rentang di bagian tengah yang panjangnya sama dengan lebar pondasi (Istimawan Dipohusodo, 1994).



Gambar 2.4 : Denah penulangan pondasi telapak persegi panjang.

Untuk distribusi tulangan, SNI – 03 – 2847 – 2002 butir 17.4 merekomendasikan sebagai berikut :

1. Tulangan pada arah yang panjang harus didistribusikan merata di seluruh lebar pondasi.
2. Untuk tulangan dalam arah yang pendek, suatu jalur pusat dengan lebar sama dengan lebar pondasi dalam arah pendek, harus mempunyai bagian besar dari tulangan total yang diperoleh dengan persamaan 2.23, yang didistribusikan merata di seluruh jalur pusat tersebut :

$$\frac{\text{tulangan pada jalur pusat}}{\text{tulangan total dalam arah pendek}} = \frac{2}{\beta + 1} \quad (2.23)$$

dimana β adalah angka perbandingan sisi panjang dengan sisi pendek dari pondasi. Sedangkan tulangan lain yang diperlukan pada arah yang pendek, didistribusikan merata di luar daerah jalur pusat pondasi.

Semua beban yang disangga oleh kolom (termasuk berat sendiri kolom) dilimpahkan ke pondasi melalui umpak pedestal (bila ada) yang berupa desakan dari beton dan tulangan baja. Sesuai dengan SNI – 03 – 2847 – 2002 butir 12.17(1), kuat tumpuan bidang singgung antara beton yang menumpu dan yang ditumpu tidak boleh lebih besar dari :

$$\phi (0,85 f_c' A_1) \quad (2.24)$$

Apabila bidang tumpuan lebih luas atau lebih panjang baik ke arah panjang maupun lebarnya terhadap bidang yang bertumpu, perencanaan kuat tumpuan untuk bidang yang bertumpu dikalikan dengan :

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2 \quad (2.25)$$

A_2 = Luas maksimum bagian bidang tumpuan yang secara geometris serupa dan konsentris terhadap bidang yang bertumpu.

A_1 = Bidang yang bertumpu.

Maka dapat disimpulkan, dalam keadaan bagaimanapun rencana kuat tumpuan untuk bidang yang bertumpu tidak boleh lebih dari :

$$\phi (0,85 f_c' A_1) \quad (2.26)$$

dimana untuk tumpuan beton digunakan nilai $\phi = 0,70$.

Disebabkan oleh situasi dan kondisi teknis pelaksanaan, umumnya dipakai kuat beton pondasi lebih rendah dari kuat beton kolom yang ditumpu, sehingga dalam menentukan pelimpahan beban yang berlangsung di antara keduanya harus benar-benar mempertimbangkan keadaan bahan dua komponen struktur.

Apabila kolom beton bertulang tidak dapat melimpahkan seluruh beban hanya melalui bidang singgung tumpuan beton, kelebihanannya dilimpahkan melalui penulangan dengan memperhitungkan kemampuan penyaluran tegangan batang tulangan baja. Pelaksanaannya dengan cara memasang tulangan pasak (*dowel*), dimana luas penampang tulangan pasak, sesuai dengan SNI – 03 – 2847 – 2002 butir 17.8(2(1)) :

$$A_s \text{ perlu} = 0,005 A_g \quad (2.27)$$

A_g : luas penampang kolom atau umpak pedestal

Panjang penyaluran tulangan dowel harus cukup memenuhi panjang penyaluran batang tulangan desak yang diperlukan untuk kedua belah pihak bidang tumpuan. Walaupun pada kenyataannya pelimpahan beban keseluruhan dapat berlangsung tanpa dowel, panjang penyaluran tulangan dowel baik ke dalam kolom maupun pondasi harus memenuhi persyaratan yang berlaku. Sesuai dengan SNI – 03 – 2847 – 2002 butir 14.3(2) Panjang penyaluran dasar dowel ke dalam pondasi

adalah :

$$l_{db} = \frac{d_b \cdot f_y}{4\sqrt{f_c'}} \quad (2.28)$$

tetapi tidak boleh kurang dari : $l_{db} = 0,04 d_b f_y$ (2.29)

dimana d_b adalah diameter tulangan dowel.

Untuk panjang penyaluran yang diperlukan, l_d sama dengan panjang penyaluran dasar dikalikan faktor modifikasi.

faktor modifikasi untuk tulangan yang berlebihan = $\frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tersedia}}$ (2.30)

Biasanya tulangan dowel tersebut dipasang dengan memberi kait 90° pada ujung bawah dan ditempatkan di atas batang tulangan pokok pondasi telapak. Dengan cara tersebut, dowel akan terikat erat di tempatnya sehingga memperkecil kemungkinan terjadinya pergeseran atau perubahan letaknya terutama pada waktu pelaksanaan pengecoran beton.

2.6. Microsoft Visual Basic

Microsoft Visual Basic adalah salah satu bahasa pemrograman komputer, yang mendukung pemrograman berorientasi objek (*Object Oriented Programming-OOP*). Pemrograman yang dikembangkan oleh Microsoft sejak 1991 ini merupakan pengembangan dari pendahulunya yaitu bahasa pemrograman BASIC (*Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code*) yang dikembangkan pada era 1950-an. Visual Basic merupakan salah satu Development Tool yaitu alat bantu untuk membuat berbagai macam program komputer, khususnya yang menggunakan sistem operasi Windows.

Tidak seperti bahasa pemrograman yang lain, seperti Pascal misalnya, dimana programmer harus selalu menuliskan kode program untuk segala sesuatunya, Visual Basic mampu menambahkan sendiri sebagian kode program secara otomatis ke dalam program sehingga pekerjaan programmer menjadi semakin mudah dan cepat. Langkah-langkah dalam pembuatan sebuah program dengan Microsoft Visual Basic dapat disebutkan sebagai berikut :

1. *Draw user Interface* – Mengatur atau menyusun objek-objek pada bidang yang disebut dengan *Form*.
2. *Assign properties to control* – Menentukan isi dari properti pada masing-masing objek sesuai dengan kebutuhan untuk mengontrol program.
3. *Attach code to control* – Menuliskan kode program pada kontrol yang dimaksud.

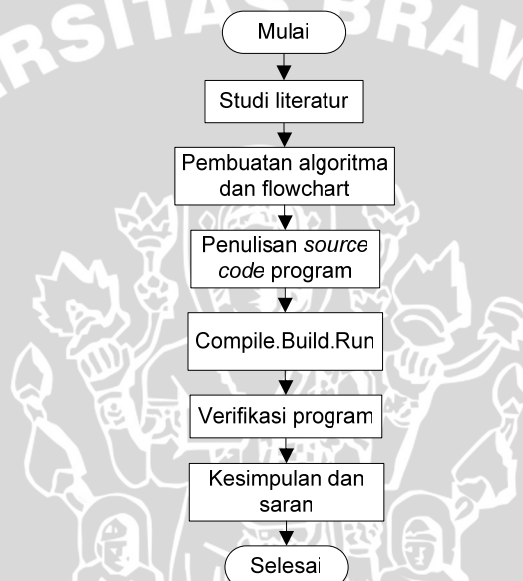
Setelah pembuatan program tersebut telah selesai, maka program tersebut dapat diuji. Pengujian program dapat dilakukan dengan menggunakan Debugger Visual Basic. Dengan menggunakan debugger dapat membantu menemukan kesalahan-kesalahan yang tidak diinginkan secara otomatis dan kemudian dapat diperbaiki. Apabila program tersebut telah sempurna, maka program tersebut dapat dikompilasi menjadi sebuah file *executable* agar bisa digunakan secara mandiri tanpa menggunakan bantuan Microsoft Visual Basic lagi (Wahana Komputer, 2004).

BAB III

METODE PERENCANAAN

3.1 Prosedur Penyelesaian Studi

Dalam pembuatan program ini diperlukan beberapa tahapan-tahapan tertentu sehingga tujuan yang ingin dicapai dapat terlaksana. Berikut ini adalah flowchart dari tahapan yang akan dilaksanakan.



Gambar 3.1 : Prosedur penyelesaian studi

3.2 Metode Analisis Data

Aplikasi yang akan disediakan pada program (*software*) adalah proses perhitungan dalam perencanaan pondasi telapak dinding dan pondasi telapak setempat yang mengacu pada ketentuan yang berlaku di Indonesia, yaitu SNI – 03 – 2847 – 2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.

Dalam pembuatan program tersebut, klasifikasi utama permasalahan dalam program adalah sebagai berikut :

- I. Berdasarkan jenis pondasi :
 1. Pondasi telapak dinding
 - a) Pondasi telapak dinding tanpa tulangan (beton polos)
 - b) Pondasi telapak dinding bertulang

2. Pondasi telapak setempat
 - a) Pondasi telapak bujur sangkar
 - b) Pondasi telapak persegi panjang

II. Berdasarkan jenis analisis :

1. Geser (satu arah dan dua arah)
2. Lentur

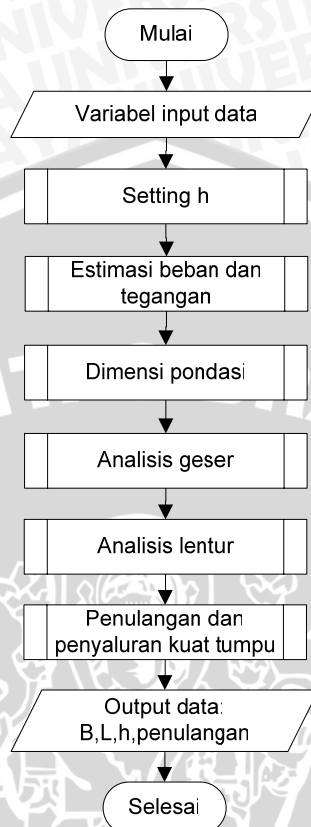
3.3 Algoritma dan Flowchart Program

Sebelum program mulai disusun, pembuat program seharusnya telah mempunyai rencana-rencana yang akan dijalankan pada program yang akan dibuat. Hal ini untuk mengontrol fungsi program, sehingga menghasilkan output yang sesuai dengan tujuannya. Cara untuk mengantisipasi hal tersebut adalah dengan membuat algoritma dan flowchart.

Berikut ini adalah algoritma yang merupakan kerangka berpikir program sehingga tujuan yang ingin dicapai dapat terlaksana.

1. Masukkan semua variabel input data yang disediakan program, yaitu :
 - a. Setempat : f_c 'pondasi, g_{beton} , c , penampang pondasi, s_1 , f_c 'kolom, penampang kolom, c_1 , c_2 , f_y , $dtul$, $gtanah$, qa , D , HD , HL , y_1 , PD , PL , MD , ML .
 - b. Dinding : f_c 'pondasi, g_{beton} , tipe dinding, tebal dinding, tipe pondasi, c , D , qa $gtanah$, f_y , $dtul$, D , HD , HL , y_1 , PD , PL , MD , ML .
2. Setting harga h awal (tebal pondasi), yaitu
 - a. Setempat : $h = 300$ mm.
 - b. Dinding : $h = 200$ mm.
3. Estimasi beban dan tegangan yang terjadi.
4. Menentukan dimensi pondasi.
5. Analisis geser baik geser satu arah maupun geser dua arah.
6. Analisis lentur.
7. Hitung kebutuhan penulangan lentur dan penyaluran kuat tumpu.
8. Tampilkan output data, yaitu : dimensi pondasi (B , L , dan h) dan penulangan

Berikut ini adalah flowchart program secara umum.



Gambar 3.2 : Flowchart subroutine program secara global

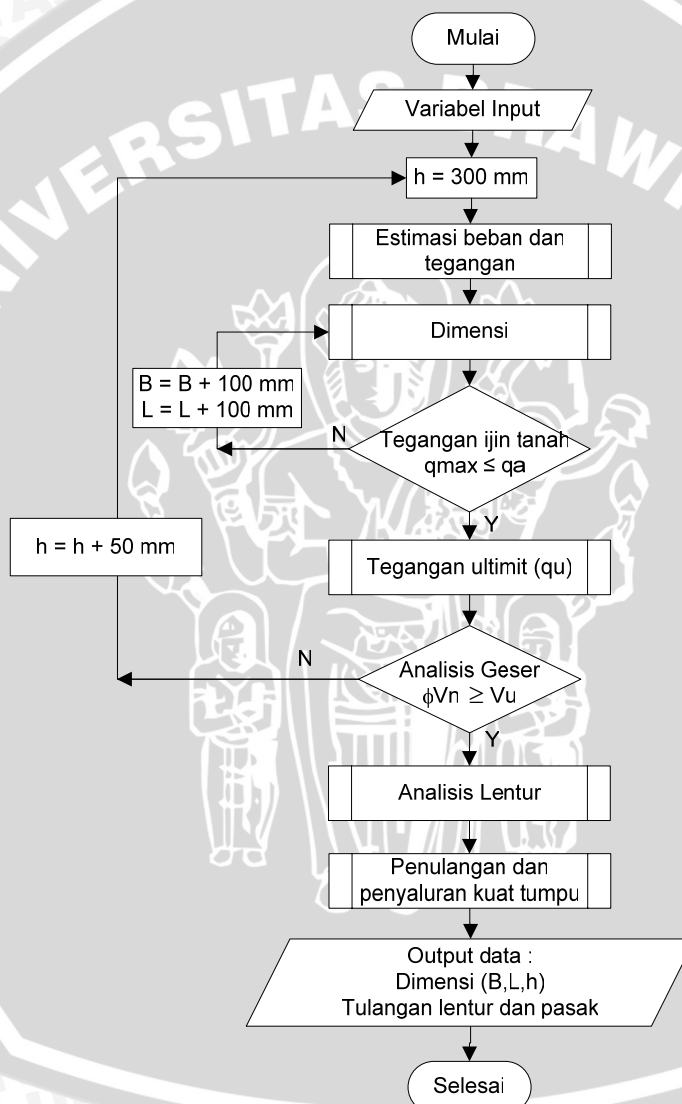
3.3.1. Algoritma Subroutine Analisis Pondasi Telapak Setempat

Berikut ini algoritma yang merupakan kerangka berpikir subroutine program pondasi telapak setempat sehingga tujuan yang ingin dicapai dapat terlaksana.

1. Masukkan semua variabel input data yang disediakan program, yaitu : f_c' pondasi, g_{beton} , c , penampang pondasi, s_1 , f_c' kolom, penampang kolom, c_1 , c_2 , f_y , $dtul$, $gtanah$, qa , D , HD , HL , y_1 , PD , PL , MD , ML .
2. Setting harga h awal (tebal pondasi), yaitu 300 mm.
3. Estimasi beban dan tegangan.
4. Menentukan dimensi.
5. Kontrol terhadap tegangan ijin, apabila tidak memenuhi syarat maka perbesar dimensi pondasi per 100 mm dan ulangi perhitungan dari langkah 4
6. Hitung tegangan ultimit, q_u untuk uji kekuatan pondasi (geser dan lentur)
7. Analisis geser satu arah dan dua arah, apabila tidak memenuhi syarat maka perbesar tebal pondasi per 50 mm dan ulangi perhitungan dari langkah 2

8. Analisis lentur
9. Hitung kebutuhan untuk penulangan lentur dan penyaluran kuat tumpu (dowel).
10. Tampilkan output data, yaitu : dimensi pondasi (B, L, dan h), penulangan dan penyaluran kuat tumpu.

Flowchart subroutine program untuk aplikasi desain pondasi telapak setempat adalah sebagai berikut :



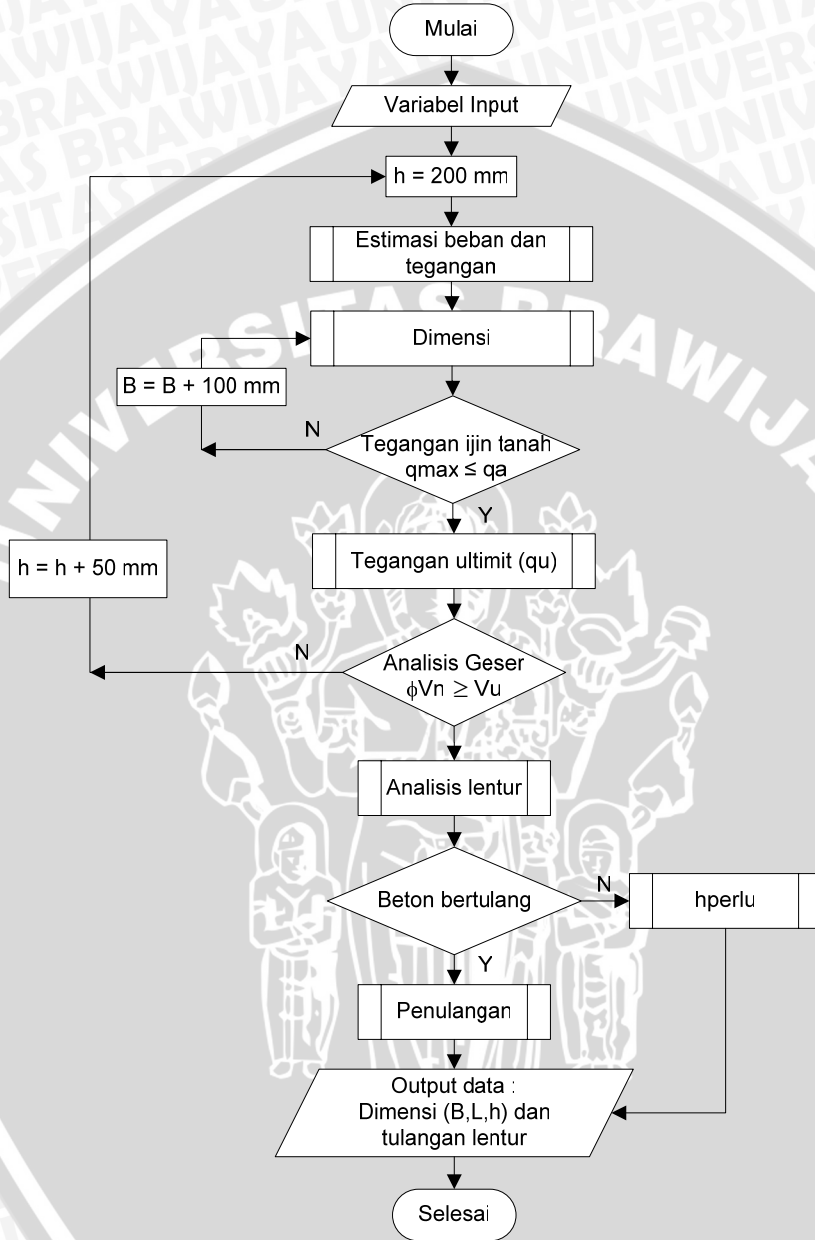
Gambar 3.3 :
Flowchart Global Analisis Pondasi Telapak Setempat

3.3.2. Algoritma Subroutine Analisis Pondasi Telapak Dinding

Berikut ini algoritma yang merupakan kerangka berpikir subroutine program pondasi telapak dinding sehingga tujuan yang ingin dicapai dapat terlaksana.

1. Masukkan semua variabel input data yang disediakan program, yaitu : f_c' pondasi, g_{beton} , tipe dinding, tebal dinding, tipe pondasi, c , g_{tanah} , q_a , D , f_y , d_{tul} , D , H_D , H_L , y_1 , P_D , P_L , M_D , M_L .
2. Setting harga h awal (tebal pondasi), yaitu 200 mm.
3. Estimasi beban dan tegangan.
4. Menentukan dimensi.
5. Kontrol terhadap tegangan ijin, apabila tidak memenuhi syarat maka perbesar lebar pondasi per 100 mm dan ulangi perhitungan dari langkah 4.
6. Hitung tegangan ultimit, q_u untuk uji kekuatan pondasi (geser dan lentur).
7. Analisis geser satu arah, apabila tidak memenuhi syarat maka perbesar tebal pondasi per 50 mm dan ulangi perhitungan dari langkah 2.
8. Analisis lentur.
9. Untuk tipe pondasi beton bertulang hitung kebutuhan untuk penulangan. Sedangkan untuk tipe pondasi beton tak bertulang hitung h_{perlu} yang dapat menahan tarik yang terjadi. Apabila $h_{perlu} > h_{awal}$, maka perhitungan diulangi dengan menggunakan h_{perlu} tersebut dan ulangi perhitungan dari langkah 2.
10. Tampilkan output data, yaitu : dimensi pondasi (B , L , dan h) dan penulangan.

Flowchart subroutine program untuk aplikasi desain pondasi telapak dinding adalah sebagai berikut :



Gambar 3.4 :
Flowchart Global Analisis Pondasi Telapak Dinding

BAB IV PEMBAHASAN PROGRAM

4.1 Detail Subroutine Analisis Pondasi Telapak Setempat

Pada subroutine program analisis pondasi telapak setempat, program akan memproses input data untuk menghasilkan output data yang berupa dimensi pondasi yang aman terhadap geser dan lentur. Program akan memperoleh tebal pondasi melalui analisis geser, sedangkan untuk penulangan dari analisis lentur. Selain itu, program juga memperhitungkan penulangan pasak (kuat tumpu) untuk kesempurnaan pelimpahan beban dari kolom ke pondasi.

Program menyediakan dua jenis pondasi telapak setempat, yaitu pondasi bujur sangkar dan persegi panjang. Untuk pondasi persegi panjang, program akan membatasi panjang salah satu sisi pondasi.

Program akan mengolah semua input data dengan menggunakan satuan metric (SI) yang sesuai dengan SNI – 03 – 2847 – 2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.

4.1.1 Notasi

Berikut ini adalah notasi-notasi yang digunakan dalam program analisis pondasi telapak setempat.

$f_{c\text{pondasi}}$: kuat tekan beton pondasi
g_{beton}	: berat jenis beton
c	: cover/selimut beton
s_1	: sisi batas (untuk pondasi persegi panjang)
s_2	: sisi persegi panjang
$f_{c\text{kolom}}$: kuat tekan beton kolom
c_1	: lebar kolom
c_2	: panjang kolom
f_y	: kuat leleh baja
d_{tul}	: diameter tulangan baja
g_{tanah}	: berat jenis tanah
q_a	: tegangan ijin tanah

D	: kedalaman dasar pondasi terhadap permukaan tanah
HD, HL	: beban horisontal mati, beban horisontal hidup
y_1	: jarak vertikal beban horisontal
PD, PL	: beban aksial mati, beban aksial hidup
MD, ML	: momen lentur mati, momen lentur hidup
h	: tebal pondasi
P	: total beban aksial
P_u	: total beban aksial terfaktor
M	: total momen lentur
M_u	: total momen lentur terfaktor
qp	: tegangan akibat berat pondasi
qt	: tegangan akibat berat tanah
qnetto	: tegangan tanah netto
Aperlu	: luas perlu penampang pondasi
B	: lebar penampang pondasi
L	: panjang penampang pondasi
Adesain	: luas penampang pondasi
Akolom	: luas penampang kolom
bp	: berat pondasi
bt	: berat tanah
Ptotal	: jumlah dari berat pondasi, berat tanah, dan total beban aksial
qmax	: tegangan maximum pada tanah
qmin	: tegangan minimum pada tanah
qumax	: tegangan ultimit maximum yang terjadi
qumin	: tegangan ultimit minimum yang terjadi
def	: tinggi efektif / jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan
bg_1	: lebar kritis geser satu arah
bx	: jarak efektif (tegangan tarik)
vn_1	: kuat geser nominal (geser satu arah)
qx	: selisih antara qumax dan qumin
tv_1, v_1, v_2	: variabel dalam perbandingan segi tiga diagram tegangan (geser satu arah)

v_{u1}	: kuat geser ultimit (geser satu arah)
b_0	: keliling kritis geser dua arah
b_1	: luas kritis geser dua arah
bg_2	: lebar kritis geser dua arah
vn_2	: kuat geser nominal (geser dua arah)
tv_2, v_3, v_4	: variabel dalam perbandingan segi tiga diagram tegangan (geser dua arah)
vu_2	: kuat geser ultimit (geser dua arah)
bl_1	: lebar kritis lentur arah memanjang
$tl, q_1, q_2, Q_{m1}, Q_{m2}$: variabel dalam perbandingan segi tiga diagram tegangan (lentur)
Mu_1	: momen ultimit arah memanjang
bl_2	: lebar kritis lentur arah lebar
$qrata$: nilai rata-rata q_1 dan q_2
Mu_2	: momen ultimit arah lebar
β_1	: faktor β_1
m_{lentur}	: faktor m (penulangan)
Rn_1	: faktor Rn (penulangan arah memanjang)
Rn_2	: faktor Rn (penulangan arah lebar)
R_{min}	: rasio penulangan minimum (ρ_{min})
R_{bal}	: rasio penulangan balanced (ρ_{bal})
R_{max}	: rasio penulangan maximum (ρ_{max})
R_1	: rasio penulangan arah memanjang
R_2	: rasio penulangan arah lebar
$Asperlu_1$: luas perlu tulangan arah memanjang
$Asperlu_2$: luas perlu tulangan arah lebar
$nperlu_1$: jumlah batang tulangan arah memanjang
$nperlu_2$: jumlah batang tulangan arah lebar
$Astul_1$: luas tersedia tulangan arah memanjang
$Astul_2$: luas tersedia tulangan arah lebar
Rho_1	: rasio penulangan arah memanjang (setting : $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$)
Rho_2	: rasio penulangan arah lebar (setting : $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$)
distribusi	: faktor distribusi penulangan (pondasi persegi panjang)

n_{tul}	: jumlah batang tulangan yang terdistribusi di rentang lebar
$k_{tpondasi}$: kuat tumpu pondasi
k_{tkolom}	: kuat tumpu kolom
As_{pasak_0}	: luas penampang tulangan pasak minimum
d_{pasak}	: diameter tulangan pasak
As_{pasak_1}	: luas tersedia tulangan pasak
l_{db_0}	: panjang penyaluran dasar dowel
l_{db_1}	: panjang penyaluran dasar dowel minimum
l_{db}	: panjang penyaluran dasar dowel (setting)
f_{mod}	: faktor modifikasi
l_d	: panjang penyaluran perlu

4.1.2 Detail Algoritma Subroutine Analisis Pondasi Telapak Setempat

Program terdiri dari beberapa sub prosedur yang berfungsi menjalankan perhitungan-perhitungan tertentu untuk mendapatkan output data yang memenuhi syarat yang berlaku. Berikut ini adalah algoritma yang dijalankan oleh subroutine program analisis pondasi telapak setempat :

1. Masukkan variabel input, yaitu : $f_{cpondasi}$, g_{beton} , c , penampang, s_1 , f_{ckolom} , c_1 , c_2 , f_y , d_{tul} , g_{tanah} , q_a , D , HD , HL , PD , PL , MD , dan ML .
2. Setting harga h (tebal awal pondasi) = 300 (mm)
3. Eksekusi sub prosedur A untuk konversi satuan variabel input dalam N dan mm .
4. Eksekusi sub prosedur B, C, D, dan E secara berurutan. Pada sub prosedur E (Kontrol Tegangan Ijin Tanah), selama diperoleh $q_{max} > q_a$, maka dimensi penampang pondasi diperbesar per 100 (mm) dan eksekusi ulang mulai dari sub prosedur C.
5. Setelah diperoleh dimensi penampang pondasi (B dan L) yang memenuhi syarat, maka eksekusi sub prosedur F, G, dan H secara berurutan. Pada sub prosedur H (kontrol geser satu arah), selama diperoleh $V_{u1} > \phi V_{n1}$, maka tebal pondasi (h) diperbesar per 50 (mm) dan eksekusi ulang mulai dari sub prosedur B.
6. Setelah diperoleh h yang memenuhi syarat, maka eksekusi sub prosedur I dan J secara berurutan. Pada sub prosedur J (kontrol geser dua arah), selama diperoleh

$V_{u2} > \phi V_{n2}$, maka tebal pondasi (h) diperbesar per 50 (mm) dan eksekusi ulang mulai dari sub prosedur B.

7. Setelah diperoleh h yang memenuhi syarat, maka eksekusi sub prosedur K dan L. Pada sub prosedur L (syarat keruntuhan), selama didapatkan R_1 atau $R_2 > R_{max}$, maka tebal pondasi (h) diperbesar per 50 (mm) dan eksekusi ulang mulai dari sub prosedur B.
8. Setelah diperoleh Rho_1 dan Rho_2 , maka eksekusi sub prosedur M untuk perhitungan kebutuhan penulangan.
9. Konversi ulang output data melalui sub prosedur Z dan tampilkan output data.

Untuk lebih jelasnya, berikut ini adalah detail algoritma dari sub prosedur A sampai dengan M:

A. Sub Konversi

1. Hitung harga variabel input dalam satuan N dan mm
2. Simpan harga baru dari variabel input

List program terdapat pada lampiran 1 halaman 74.

B. Sub Penampang

1. Hitung harga P , M , P_u , M_u , q_p , q_t , q_{netto} , A_{perlu} , dan dimensi pondasi, dimana :
 - o $P = PD + PL$
 - o $M = (MD + HD * y_1) + (ML + HL * y_1)$
 - o $P_u = 1,2 * PD + 1,6 * PL$
 - o $M_u = 1,2 * (MD + HD * y_1) + 1,6 * (ML + HL * y_1)$
 - o $q_p = g_{beton} * h$
 - o untuk q_t ,
jika $D = 0$, maka $q_t = 0$
jika $D > 0$, maka $q_t = g_{tanah} * (D - h)$
 - o $q_{netto} = q_a - q_p - q_t$
 - o $A_{perlu} = P / q_{netto}$
 - o untuk dimensi pondasi,
jika penampang bujur sangkar, maka $B = L = \sqrt{A_{perlu}}$

jika penampang persegi panjang, maka $s_2 = \text{Aperlu} / s_1$

2. Simpan harga P, M, Pu, Mu, dan dimensi awal pondasi

List program terdapat pada lampiran 1 halaman 77.

C. Sub Dimensi

1. Pembulatan harga dan setting dimensi pondasi

jika penampang bujur sangkar, maka $B=L$

jika penampang persegi panjang, maka :

jika $s_2 > s_1$, maka $s_2=L$ dan $s_1=B$

jika $s_2 < s_1$, maka $s_2=B$ dan $s_1=L$

2. Hitung harga Adesain dan Akolom, dimana

- o $\text{Adesain} = B * L$

- o $\text{Akolom} = c_1 * c_2$

3. Hitung harga bp, bt, dan Ptotal, dimana :

- o $bp = \text{Adesain} * h * g_{\text{beton}}$

- o untuk bt,

jika $D = 0$, maka $bt = 0$

jika $D > 0$, maka $bt = (\text{Adesain} - \text{Akolom}) * (D - h) * g_{\text{tanah}}$

- o $P_{\text{total}} = bp + bt + P$

4. Simpan harga B, L, Adesain, Akolom, bp, bt, dan Ptotal

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada flowchart gambar 4.5 pada hal 40 dan list program terdapat pada lampiran 1 halaman 78.

D. Sub Tegangan Tanah

1. Hitung harga qmax dan qmin ,dimana :

- o $q_{\text{max}} = \frac{P_{\text{total}}}{\text{Adesain}} + \frac{6 * M}{B * L^2}$

- o $q_{\text{min}} = \frac{P_{\text{total}}}{\text{Adesain}} - \frac{6 * M}{B * L^2}$

jika ternyata harga $q_{\text{min}} < 0$, maka hitung harga qmax sebagai berikut:

- o $q_{\text{max}} = \frac{2 * P_{\text{total}}}{3 * B * \left(\frac{L}{2} - \frac{M}{P_{\text{total}}} \right)}$

2. Simpan harga qmax dan qmin

List program terdapat pada lampiran 1 halaman 78.

E. Kontrol Tegangan Ijin Tanah

1. Cek : $q_{max} > q_a$

jika $q_{max} > q_a$, maka dimensi pondasi harus diperbesar dengan cara :

jika penampang bujur sangkar, maka

$$B = B + 100$$

$$L = B$$

jika penampang persegi panjang, maka

$$s_2 = s_2 + 100$$

2. Dengan dimensi baru tersebut, perhitungan diulang secara berurutan mulai dari sub prosedur C (dimensi) selama $q_{max} > q_a$

3. Jika $q_{max} < q_a$, maka simpan dimensi pondasi (B, L, dan Adesain)

List program terdapat pada lampiran 1 halaman 78.

F. Sub Tegangan Ultimit

1. Hitung q_{max} dan q_{min} , dimana :

$$q_{max} = \frac{P_u}{A_{desain}} + \frac{6 \cdot M_u}{B \cdot L^2}$$

$$q_{min} = \frac{P_u}{A_{desain}} - \frac{6 \cdot M_u}{B \cdot L^2}$$

jika ternyata harga $q_{min} < 0$, maka hitung harga q_{max} sebagai berikut:

$$q_{max} = \frac{2 \cdot P_u}{3 \cdot B \cdot \left(\frac{L}{2} - \frac{M_u}{P_u} \right)}$$

2. Simpan harga q_{max} dan q_{min}

List program terdapat pada lampiran 1 halaman 78.

G. Sub Geser Satu Arah

1. Hitung def , bg_1 , dan ϕV_{n1} dimana :

$$def = h - c - dtul$$

$$bg_1 = 0.5 \cdot L - 0.5 \cdot c_2 - def$$

$$\phi V_{n1} = \phi V_c = 0.75 \cdot (\sqrt{f_{cpondasi}}) \cdot B \cdot def / 6$$

2. Hitung V_{u1} berdasarkan kondisi yang terjadi dari perhitungan tegangan ultimit.

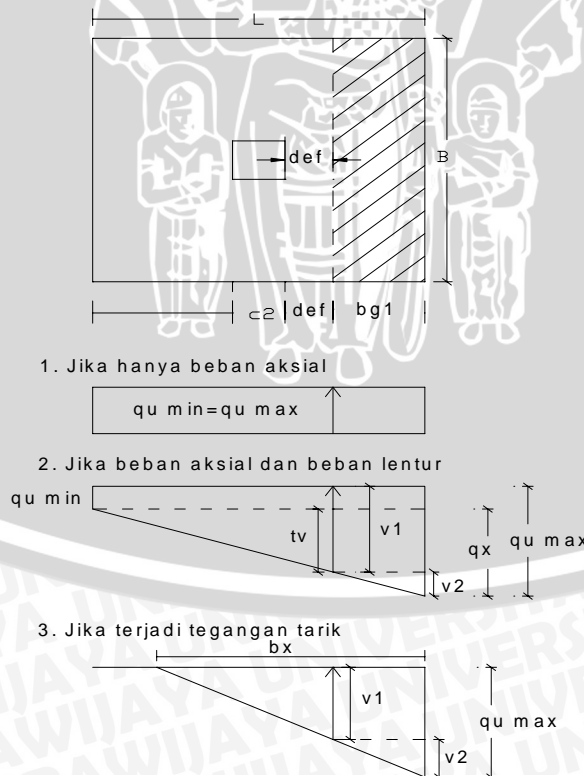
- a. kondisi 1 ($M=0$)

- o $Vu_1 = q_{max} * B * b g_1$
- b. kondisi 2 ($q_{min} > 0$)
 - o $q_x = q_{max} - q_{min}$
 - o $tv_1 = q_x * (L - b g_1) / L$
 - o $v_1 = q_{min} + tv_1$
 - o $v_2 = q_{max} - v_1$
 - o $Vu_1 = (v_1 + 0.5 * v_2) * B * b g_1$
- c. kondisi 3 ($q_{min} = 0$)

- o $b_x = 3 * \left(\frac{L}{2} - \frac{Mu}{Pu} \right)$
- o $v_1 = q_{max} * (b_x - b g_1) / b_x$
- o $v_2 = q_{max} - v_1$
- o $Vu_1 = (v_1 + 0.5 * v_2) * B * b g_1$

3. Simpan harga def, ϕVn_1 , q_x , b_x , Vu_1

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada flowchart gambar 4.6 pada hal 40 dan list program terdapat pada lampiran I halaman 78.



gambar 4.1 : Analisis geser satu arah pada masing-masing

H. Kontrol Geser Satu Arah

1. Cek : $Vu_1 > \phi Vn_1$

jika $Vu_1 > \phi Vn_1$, maka tebal pondasi diperbesar dengan cara : $h = h + 50$

2. Dengan tebal baru tersebut, perhitungan diulang secara berurutan mulai dari sub prosedur B (Penampang) selama $Vu_1 > \phi Vn_1$

3. Jika $Vu_1 < \phi Vn_1$, maka simpan h , B , L , P_{total} , q_{max} , q_{min} , q_{umax} , q_{umin} , def , Vu_1 , dan ϕVn_1

List program terdapat pada lampiran 1 halaman 79.

I. Sub Geser Dua Arah

1. Hitung b_0 , b_1 , bg_2 , dan ϕVn_2 dimana :

o $b_0 = 2*(c_1 + def) + 2*(c_2 + def)$

o $b_1 = (c_1 + def)*(c_2 + def)$

o $bg_2 = 0.5*L - 0.5*c_2 - 0.5*def$

o untuk vn_2 adalah nilai minimum dari

a. $\phi Vn_{2a} = \phi Vc = 0.75 * \left(1 + \frac{2}{L/B}\right) (\sqrt{fc_{pondasi}}) * b_0 * def / 6$

b. $\phi Vn_{2b} = \phi Vc = 0.75 * \left(\frac{40 \cdot def}{b_0} + 2\right) (\sqrt{fc_{pondasi}}) * b_0 * def / 12$

c. $\phi Vn_{2c} = \phi Vc = 0.75 * (\sqrt{fc_{pondasi}}) * b_0 * def / 3$

2. Hitung Vu_2 berdasarkan kondisi yang terjadi dari perhitungan tegangan ultimit.

a. kondisi 1 ($M=0$)

o $Vu_2 = q_{max} * (Adesain - b_1)$

b. kondisi 2 ($q_{umin} > 0$)

o $tv_2 = qx * (L - bg_2) / L$

o $v_3 = q_{umin} + tv_2$

o $v_3 = q_{umax} - v_3$

o $Vu_2 = (v_3 + 0.5 * v_4) * (Adesain - b_1)$

c. kondisi 3 ($q_{umin} = 0$)

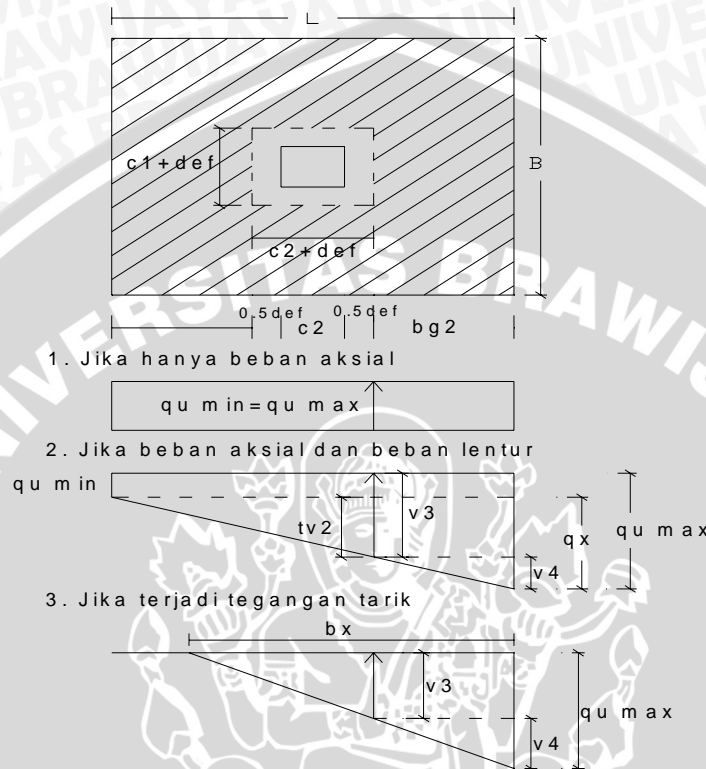
o $v_3 = q_{umax} * (bx - bg_2) / bx$

o $v_4 = q_{umax} - v_3$

o $Vu_2 = (v_3 + 0.5 * v_4) * (Adesain - b_1)$

3. Simpan harga ϕV_{n2} dan V_{u2}

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada flowchart gambar 4.7 pada hal 41 dan list program terdapat pada lampiran 1 halaman 79.



gambar 4.2 : Analisis geser dua arah pada masing-masing kondisi

J. Kontrol Geser Dua Arah

1. Cek : $V_{u2} > \phi V_{n2}$

jika $V_{u2} > \phi V_{n2}$, maka tebal pondasi diperbesar dengan cara : $h = h + 50$

2. Dengan tebal baru tersebut, perhitungan diulang secara berurutan mulai dari sub prosedur B (Penampang) selama $V_{u2} > \phi V_{n2}$

3. Jika $V_{u2} < \phi V_{n2}$, maka simpan h , B , L , P_{total} , q_{max} , q_{min} , q_{umax} , q_{umin} , def , V_{u1} , ϕV_{n1} , V_{u2} dan ϕV_{n2}

List program terdapat pada lampiran 1 halaman 79.

K. Sub Lentur

1. Hitung bl_1 , yaitu : $bl_1 = 0,5 * L - 0,5 * c_2$

2. Hitung Mu_1 berdasarkan kondisi yang terjadi dari perhitungan tegangan ultimit.

a. kondisi 1 ($M=0$)

- $Mu_1 = 0,5 \cdot q_{\max} \cdot bl_1^2 \cdot B$

b. kondisi 2 ($q_{\min} > 0$)

- $tl = qx \cdot (L - bl_1) / L$

- $q_1 = q_{\min} + tl$

- $q_2 = q_{\max} - q_1$

- $Qm_1 = q_1 \cdot bl_1 \cdot B$

- $Qm_2 = 0,5 \cdot q_2 \cdot bl_1 \cdot B$

- $Mu_1 = Qm_1 \cdot 0,5 \cdot bl_1 + Qm_2 \cdot \frac{2}{3} \cdot bl_1$

c. kondisi 3 ($q_{\min} = 0$)

- $q_1 = q_{\max} \cdot (bx - bl_1) / bx$

- $q_2 = q_{\max} - q_1$

- $Qm_1 = q_1 \cdot bl_1 \cdot B$

- $Qm_2 = 0,5 \cdot q_2 \cdot bl_1 \cdot B$

- $Mu_1 = Qm_1 \cdot 0,5 \cdot bl_1 + Qm_2 \cdot \frac{2}{3} \cdot bl_1$

3. Hitung mlentur, R_{\min} , R_{bal} , R_{\max} , R_{n1} , dan R_1 untuk penulangan, dimana :

- $mlentur = fy / (0,85 \cdot fc_{pondasi})$

- $R_{\min} = 1,4 / fy$

- $R_{bal} = \frac{0,85 \cdot fc_{pondasi} \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + fy} \right)}{fy}$

- $R_{\max} = 0,75 \cdot R_{bal}$

- $R_{n1} = Mu_1 / (0,8 \cdot B \cdot def^2)$

- $R_1 = \frac{1}{mlentur} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot mlentur \cdot R_{n1}}{fy}} \right)$

4. Simpan harga Mu_1 dan R_1

Jika penampang persegi panjang, maka lakukan perhitungan arah lebar, yaitu

5. Hitung bl_2 , yaitu : $bl_2 = 0,5 \cdot B - 0,5 \cdot c_1$

6. Hitung Mu_2 berdasarkan kondisi yang terjadi dari perhitungan tegangan ultimit.

a. kondisi 1 ($M=0$)

- $Mu_2 = 0,5 \cdot q_{\max} \cdot bl_2^2 \cdot L$

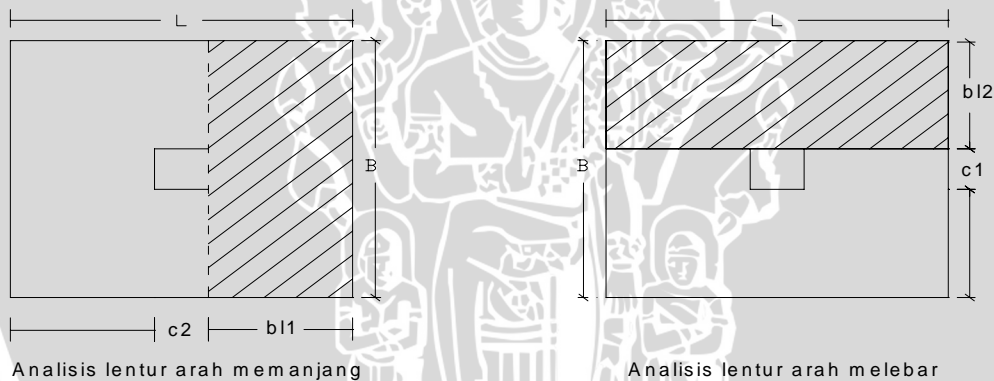
- b. kondisi 2 ($q_{min} > 0$)
 - o $q_{rata} = (q_{min} + q_{max}) / 2$
 - o $Mu_2 = 0,5 * q_{rata} * bl_2^2 * L$
- c. kondisi 3 ($q_{min} = 0$)
 - o $q_{rata} = q_{max} / 2$
 - o $Mu_2 = 0,5 * q_{rata} * bl_2^2 * L$

7. Hitung Rn_2 dan R_2 untuk penulangan, dimana :

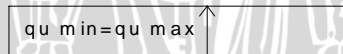
- o $Rn_2 = Mu_2 / (0,8 * L * def^2)$
- o $R_2 = \frac{1}{m_{lentur}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m_{lentur} \cdot Rn_2}{f_y}} \right)$

8. Simpan harga Mu_1 , R_1 , Mu_2 , dan R_2

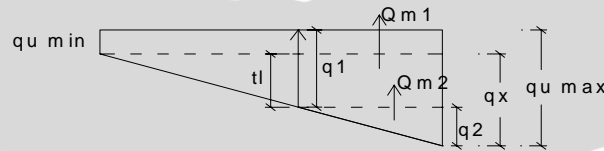
Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada flowchart gambar 4.8 pada hal 42 dan list program terdapat pada lampiran 1 halaman 79.



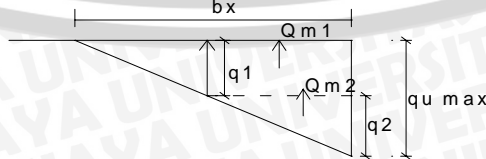
1. Jika hanya beban aksial



2. Jika beban aksial dan beban lentur



3. Jika terjadi tegangan tarik b_x



L. Syarat Keruntu gambar 4.3 : Analisis lentur pada masing-masing

- 1. cek : $R_{min} < R_1 < R_{max}$

- a. jika $R_1 < R_{min}$, maka $Rho_1 = R_{min}$
- b. jika $R_{min} < R_1 < R_{max}$, maka $Rho_1 = R_1$
- c. jika $R_1 > R_{max}$, maka tebal pondasi diperbesar dengan cara: $h = h+50$
Dengan tebal baru tersebut, perhitungan diulang secara berurutan mulai dari sub prosedur B (Penampang) selama $R_1 > R_{max}$.

Jika penampang persegi panjang, maka lakukan perhitungan arah lebar, yaitu :

2. cek : $R_{min} < R_2 < R_{max}$
 - a. jika $R_2 < R_{min}$, maka $Rho_2 = R_{min}$
 - b. jika $R_{min} < R_2 < R_{max}$, maka $Rho_2 = R_2$
 - c. jika $R_2 > R_{max}$, maka tebal pondasi diperbesar dengan cara: $h = h+50$
Dengan tebal baru tersebut, perhitungan diulang secara berurutan mulai dari sub prosedur B (Penampang) selama $R_2 > R_{max}$

3. Simpan harga Rho_1 dan Rho_2

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada flowchart gambar 4.9 pada hal 43 dan list program terdapat pada lampiran 1 halaman 80.

M. Sub Penulangan

1. Setelah ditentukan harga Rho_1 , maka hitung $Asperlu_1$, $nperlu_1$, dan $Astul_1$ dimana :
 - o $Asperlu_1 = Rho_1 * B * def$
 - o $nperlu_1 = Asperlu_1 / (1/4 * \pi * dtul^2)$
 - o $Astul_1 = nperlu_1 * (1/4 * \pi * dtul^2)$

Jika penampang persegi panjang, maka lakukan perhitungan arah lebar, yaitu :

2. Setelah ditentukan nilai Rho_2 , maka hitung $Asperlu_2$, $nperlu_2$, dan $Astul_2$ dimana :
 - o $Asperlu_2 = Rho_2 * L * def$
 - o $nperlu_2 = Asperlu_2 / (1/4 * \pi * dtul^2)$
 - o $Astul_2 = nperlu_2 * (1/4 * \pi * dtul^2)$
3. Hitung distribusi dan $ntul$ untuk distribusi tulangan yang dipasang dalam rentang lebar, dimana :
 - o $distribusi = 2 / ((L / B) + 1)$

- o ntul = distribusi * nperlu₂
- 4. Hitung ktpondasi, ktkolom, Aspasak₀, dpasak, Aspasak₁, ldb₀, ldb₁, dan fmod untuk penulangan pasak, dimana :
 - o ktpondasi = 0,70*0,85*fcpondasi*Akolom*2
 - o ktkolom = 0,70*0,85*fckolom*Akolom
 - o Aspasak₀ = 0,005*Akolom
 - o $dpasak = \sqrt{\frac{Aspasak_0}{4 \cdot \frac{1}{4}\pi}}$
 - o Aspasak₁ = 4*(1/4 *π* dpasak²)
 - o ldb₀ = dpasak*fy / (4*√fcpondasi)
 - o ldb₁ = 0,04*dpasak*fy
 - o fmod =Aspasak₀ / Aspasak₁
- 5. Hitung ld, dimana
 - o Jika ldb₀ > ldb₁, maka ldb = ldb₀
 - o Jika ldb₀ < ldb₁, maka ldb = ldb₁

Maka ld = ldb*fmod dan ld tidak boleh kurang dari 200 mm
- 6. Simpan harga Asperlu₁, nperlu₁, Astul₁, Asperlu₂, nperlu₂, Astul₂, ntul, ktpondasi, ktkolom, Aspasak₀, dpasak, Aspasak₁, fmod, dan ld

List program terdapat pada lampiran 1 halaman 81.

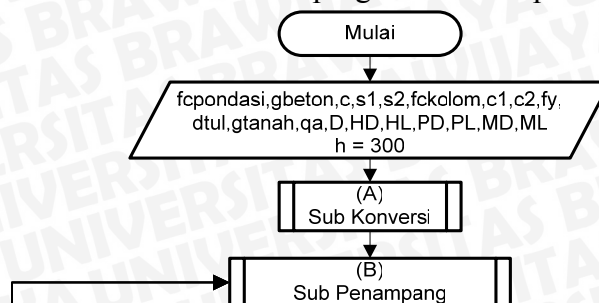
Z. Sub Konversi Ulang

Semua hasil perhitungan akan dikonversi sesuai dengan satuan awal yang dipilih

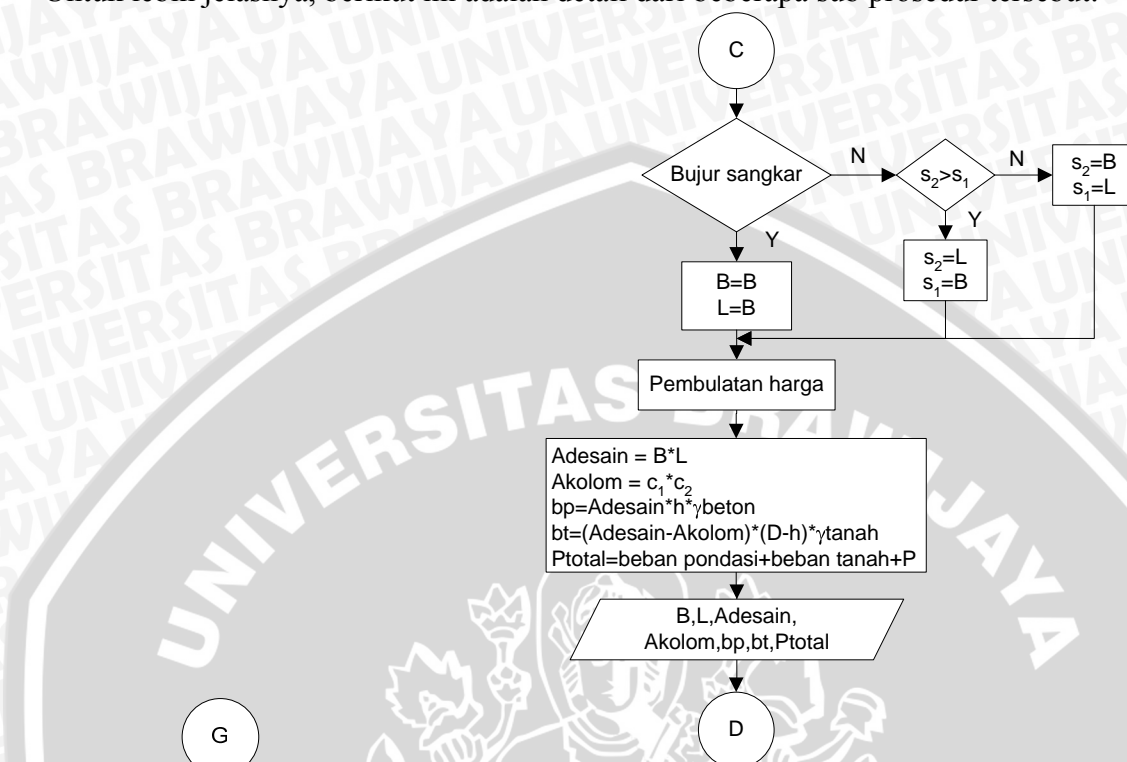
List program terdapat pada lampiran 1 halaman 82.

4.1.3 Detail Flowchart Subroutine Analisis Pondasi Telapak Setempat

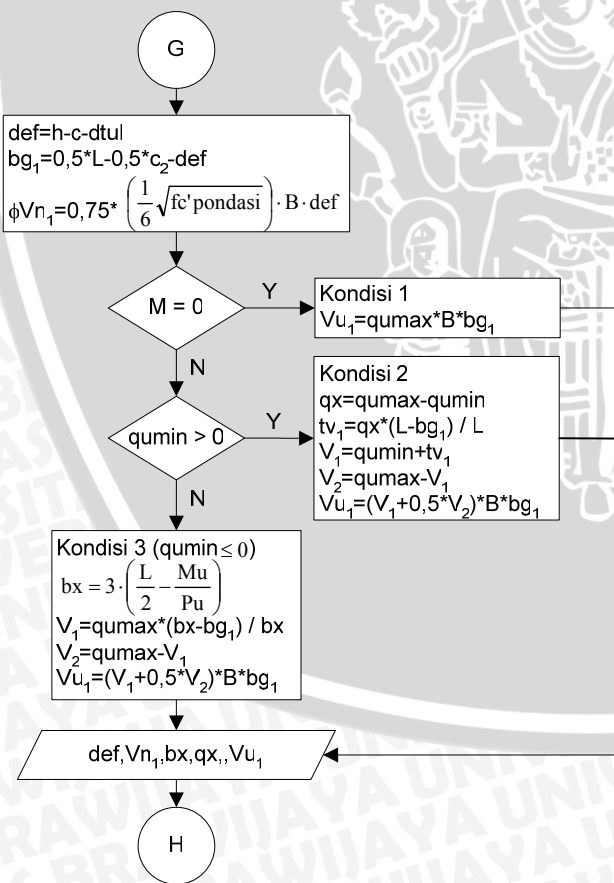
Berikut ini flowchart subroutine program analisis pondasi telapak setempat :



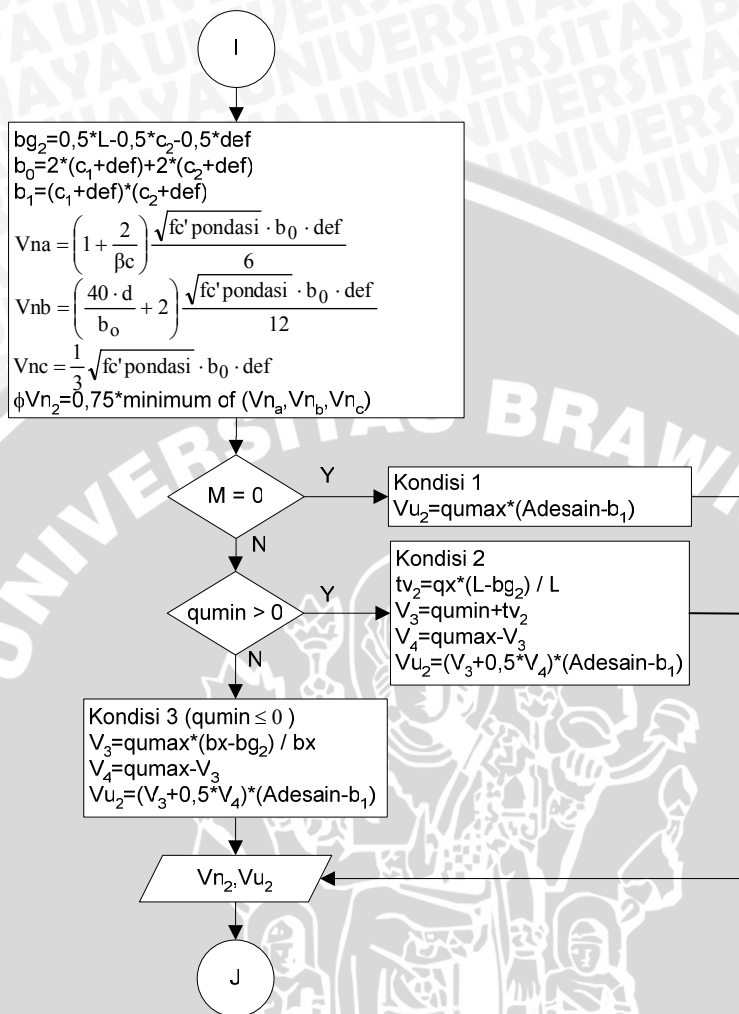
Untuk lebih jelasnya, berikut ini adalah detail dari beberapa sub prosedur tersebut:



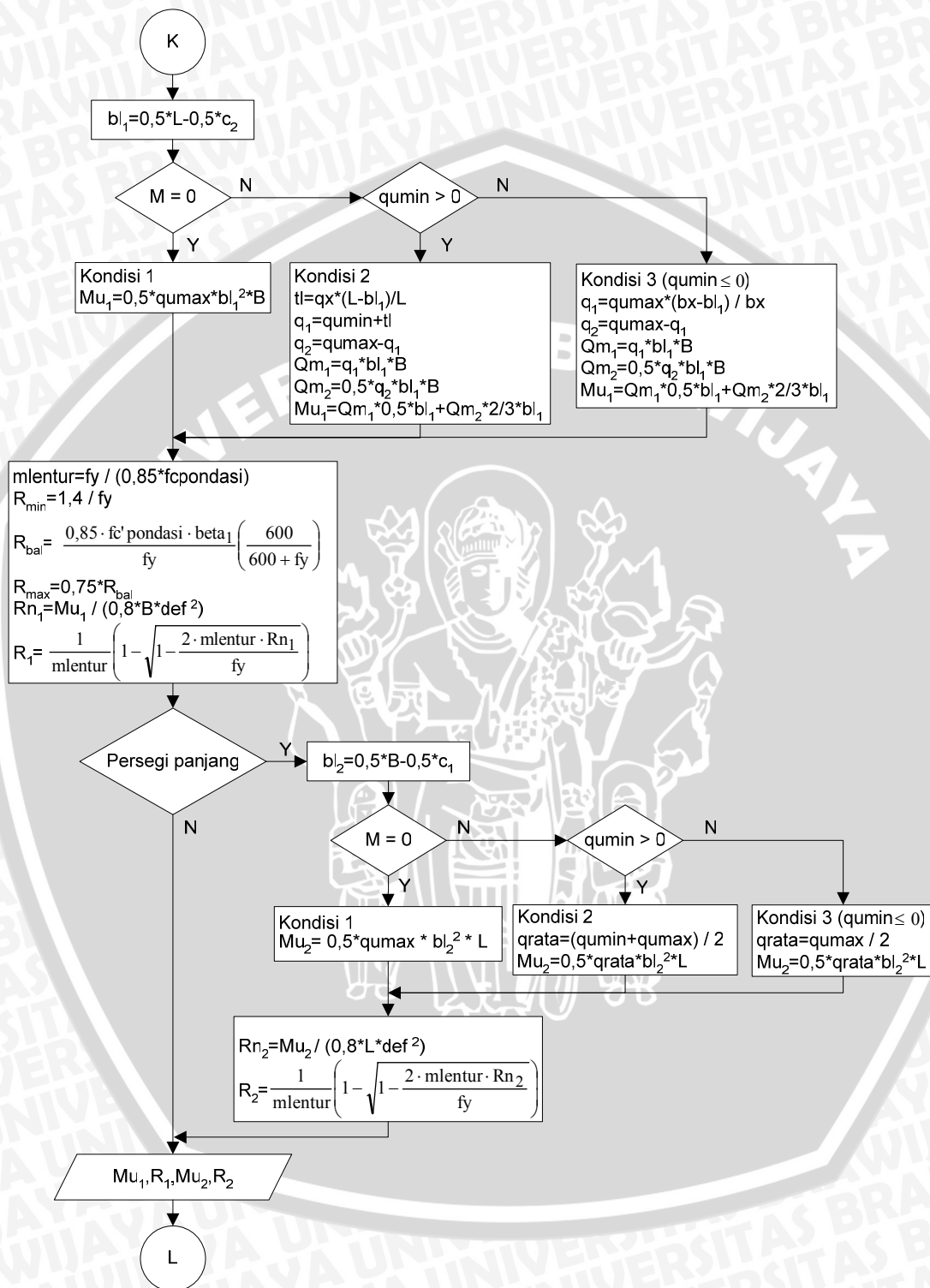
Gambar 4.5 :
Flowchart sub prosedur C (Dimensi)



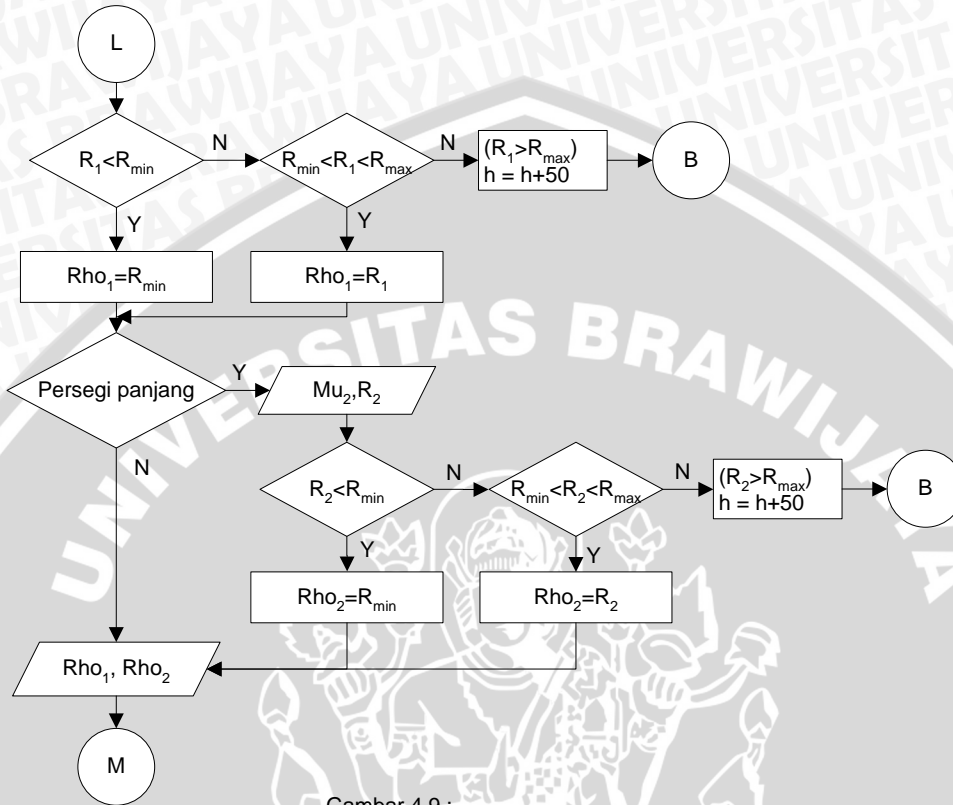
Gambar 4.6:
Flowchart sub prosedur G (Geser satu arah)



Gambar 4.7 :
Flowchart sub prosedur I (Geser dua arah)



Gambar 4.8: Flowchart sub prosedur K (Lentur)



Gambar 4.9 :
Flowchart sub prosedur L (Syarat keruntuhan)

4.2 Detail Subroutine Analisis Pondasi Telapak Dinding

Analisis pondasi telapak dinding secara garis besar hampir sama dengan pondasi telapak setempat. Pada pondasi telapak dinding, tinjauan dilakukan per segmen 1 m, sehingga penampang pondasi berupa persegi panjang. Selain itu tinjauan geser hanya dilakukan untuk geser satu arah.

Subroutine program analisis pondasi telapak dinding terdiri dari dua jenis pondasi, yaitu pondasi beton bertulang dan beton polos (tidak bertulang). Untuk pondasi beton polos, tegangan tarik lentur akan ditahan oleh tebal pondasi. Hal ini membuat tebal pondasi beton polos lebih tebal bila dibandingkan dengan pondasi beton bertulang pada umumnya.

Tipe dinding terdiri dari dua macam, yaitu dinding pasangan batu bata dan dinding beton. Jenis dinding ini akan berpengaruh pada saat dilakukan analisis lentur, karena daerah kritis lentur masing-masing tipe dinding berbeda.

Program akan mengolah input data dalam satuan metric (SI) yang sesuai dengan SNI – 03 – 2847 – 2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.

4.2.1 Notasi

Berikut ini adalah notasi-notasi yang digunakan dalam program analisis pondasi telapak dinding.

fcpondasi	: kuat tekan beton pondasi
gbeton	: berat jenis beton
w	: tebal dinding
c	: cover/selimut beton (pondasi beton bertulang)
fy	: kuat leleh baja (pondasi beton bertulang)
dtul	: diameter tulangan baja (pondasi beton bertulang)
gtanah	: berat jenis tanah
qa	: tegangan ijin tanah
D	: kedalaman dasar pondasi terhadap permukaan tanah
HD, HL	: beban horisontal mati, beban horisontal hidup
y ₁	: jarak vertikal beban horisontal
PD, PL	: beban aksial mati, beban aksial hidup

MD, ML	: momen lentur mati, momen lentur hidup
h	: tebal pondasi
P	: total beban aksial
M	: total momen lentur
Pu	: total beban aksial terfaktor
Mu	: total momen lentur terfaktor
qp	: tegangan akibat berat pondasi
qt	: tegangan akibat berat tanah
qnetto	: tegangan tanah netto
Aperlu	: luas perlu penampang pondasi
s ₁ , s ₂	: dimensi awal pondasi
B	: lebar penampang pondasi
L	: panjang penampang pondasi
Adesain	: luas penampang pondasi
Adinding	: luas penampang dinding per segmen 1 meter
bp	: berat pondasi
bt	: berat tanah
Ptotal	: jumlah dari berat pondasi, berat tanah, dan total beban aksial
qmax	: tegangan maximum pada tanah
qmin	: tegangan minimum pada tanah
qumax	: tegangan ultimit maximum yang terjadi
qumin	: tegangan ultimit minimum yang terjadi
def	: tinggi efektif / jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan
bg	: lebar kritis geser satu arah
bx	: jarak efektif (tegangan tarik)
qx	: selisih antara qumax dan qumin
tv, v ₁ , v ₂	: variabel dalam perbandingan segi tiga diagram tegangan (geser)
vu	: kuat geser ultimit
vn	: kuat geser nominal
bl	: lebar kritis lentur
tl, q ₁ , q ₂ , Qm ₁ , Qm ₂	: variabel dalam perbandingan segi tiga diagram tegangan (lentur)

Mu_1	: momen ultimit
β_1	: faktor β_1
f_{tmax}	: tegangan tarik maksimum ijin (pondasi beton polos)
h_{perlu}	: tebal perlu untuk menahan tarik (pondasi beton polos)
m_{lentur}	: faktor m (penulangan)
R_n	: faktor R_n
R_{min}	: rasio penulangan minimum (ρ_{min})
R_{bal}	: rasio penulangan balanced (ρ_{bal})
R_{max}	: rasio penulangan maximum (ρ_{max})
R_1	: rasio penulangan arah memanjang
ρ_1	: rasio penulangan arah memanjang (setting : $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$)
A_{sperlu_1}	: luas perlu tulangan arah memanjang
A_{sperlu_2}	: luas perlu tulangan arah lebar
n_{perlu_1}	: jumlah batang tulangan arah memanjang
n_{perlu_2}	: jumlah batang tulangan arah lebar
A_{stul_1}	: luas tersedia tulangan arah memanjang
A_{stul_2}	: luas tersedia tulangan arah lebar

4.2.2 Detail Algoritma Subroutine Analisis Pondasi Telapak Dinding

Program terdiri dari beberapa sub prosedur yang berfungsi menjalankan perhitungan-perhitungan tertentu untuk mendapatkan output data yang memenuhi syarat yang berlaku. Berikut ini adalah algoritma yang dijalankan oleh subroutine program analisis pondasi telapak dinding :

1. Masukkan semua variabel input data yang disediakan program, yaitu : f_c' pondasi, g_{beton} , tipe dinding, tebal dinding, tipe pondasi, c , g_{tanah} , q_a , D , f_y , d_{tul} , D , HD , HL , y_1 , PD , PL , MD , ML .
2. Setting harga h (tebal awal pondasi) = 200 (mm)
3. Eksekusi sub prosedur A untuk konversi satuan variabel input dalam N dan mm .
4. Eksekusi sub prosedur N dan O secara berurutan. Pada sub prosedur N, dengan menganggap pondasi persegi panjang dan lebar pondasi yang telah ditentukan sebesar 1000 (mm) maka B dan L dapat diperoleh.

5. Setelah dimensi pondasi diperoleh, maka eksekusi sub prosedur P dan Q secara berurutan. Pada sub prosedur Q (Kontrol Tegangan Ijin Tanah), selama diperoleh $q_{max} > q_a$, maka panjang pondasi, L diperbesar per 100 (mm) dan eksekusi ulang mulai dari sub prosedur O.
6. Eksekusi sub prosedur R untuk memperoleh tegangan ultimit yang akan digunakan dalam analisis kuat pondasi terhadap geser dan lentur.
7. Eksekusi sub prosedur S dan T secara berurutan untuk analisis geser. Pada sub prosedur T (Kontrol analisis geser), selama diperoleh $V_u > \phi V_n$, maka tebal pondasi (h) diperbesar per 50(mm) dan eksekusi ulang mulai dari sub prosedur N.
8. Setelah diperoleh h yang memenuhi syarat, maka eksekusi sub prosedur U untuk analisis lentur.
9. Eksekusi sub prosedur sesuai dengan input tipe pondasi.
 - a. Jika tipe pondasi beton bertulang, eksekusi sub prosedur V untuk kontrol syarat keruntuhan. Selama didapatkan $R_1 > R_{max}$, maka tebal pondasi (h) diperbesar per 50 (mm) dan eksekusi ulang mulai dari sub prosedur N. Setelah memenuhi syarat keruntuhan, eksekusi sub prosedur W untuk perhitungan kebutuhan penulangan.
 - b. Jika tipe pondasi beton polos, eksekusi sub prosedur X untuk menentukan h_{perlu} . Setelah itu eksekusi sub prosedur Y untuk memeriksa h_{perlu} tersebut. Apabila ternyata $h_{perlu} > h_{awal}$ ($h=200$), maka eksekusi ulang sub prosedur N dengan menggunakan h_{perlu} tersebut.
10. Konversi ulang output data melalui sub prosedur Z dan tampilkan output data.

Untuk lebih jelasnya, berikut ini adalah detail algoritma dari sub prosedur N sampai dengan Z:

N. Sub Penampang

1. Setelah input dikonversi melalui sub prosedur A, hitung harga P , M , P_u , M_u , q_p , q_t , q_{netto} , A_{perlu} , dan dimensi pondasi, dimana :
 - $P = PD + PL$
 - $M = (MD + HD * y_1) + (ML + HL * y_1)$
 - $P_u = 1,2 * PD + 1,6 * PL$
 - $M_u = 1,2 * (MD + HD * y_1)$

- $q_p = g_{\text{beton}} \cdot h$
- untuk q_t ,
jika $D = 0$, maka $q_t = 0$
jika $D > 0$, maka $q_t = g_{\text{tanah}} \cdot (D - h)$
- $q_{\text{netto}} = q_a - q_p - q_t$
- $A_{\text{perlu}} = P / q_{\text{netto}}$
- $s_1 = 1000$, maka $s_2 = A_{\text{perlu}} / 1000$

2. Simpan harga P , M , P_u , M_u , dan dimensi awal pondasi

List program terdapat pada lampiran 2 halaman 87.

O. Sub Dimensi

1. Setting harga dimensi, yaitu :

jika $s_2 > s_1$, maka $s_2 = L$ dan $s_1 = B$

jika $s_2 < s_1$, maka $s_2 = B$ dan $s_1 = L$

2. Pembulatan harga dimensi pondasi

3. Hitung harga Adesain dan Adinding, dimana :

- $A_{\text{desain}} = B \cdot L$

- $A_{\text{dinding}} = w \cdot B$

4. Hitung harga b_p , b_t , dan P_{total} , dimana :

- $b_p = A_{\text{desain}} \cdot h \cdot g_{\text{beton}}$

- untuk b_t ,

jika $D = 0$, maka $b_t = 0$

jika $D > 0$, maka $b_t = (A_{\text{desain}} - A_{\text{dinding}}) \cdot (D - h) \cdot g_{\text{tanah}}$

- $P_{\text{total}} = b_p + b_t + P$

5. Simpan harga B , L , Adesain, Adinding, b_p , b_t , dan P_{total}

List program terdapat pada lampiran 2 halaman 87.

P. Sub Tegangan Tanah

1. Hitung harga q_{max} dan q_{min} , dimana :

- $q_{\text{max}} = \frac{P_{\text{total}}}{A_{\text{desain}}} + \frac{6 \cdot M}{B \cdot L^2}$

- $q_{\text{min}} = \frac{P_{\text{total}}}{A_{\text{desain}}} - \frac{6 \cdot M}{B \cdot L^2}$

jika ternyata harga $q_{\text{min}} < 0$, maka hitung harga q_{max} sebagai berikut:

$$q_{\max} = \frac{2 * P_{\text{total}}}{3 * B * \left(\frac{L}{2} - \frac{M}{P_{\text{total}}} \right)}$$

2. Simpan harga q_{\max} dan q_{\min}

List program terdapat pada lampiran 2 halaman 87.

Q. Kontrol Tegangan Ijin Tanah

1. Cek : $q_{\max} > q_a$

jika $q_{\max} > q_a$, maka dimensi pondasi harus diperbesar dengan cara :

$$L = L + 100$$

2. Dengan dimensi baru tersebut, perhitungan diulang secara berurutan mulai dari sub prosedur O (dimensi) selama $q_{\max} > q_a$
3. Jika $q_{\max} < q_a$, maka simpan dimensi pondasi (B, L, h, dan Adesain)

List program terdapat pada lampiran 2 halaman 87.

R. Sub Tegangan Ultimit

1. Hitung q_{\max} dan q_{\min} , dimana :

$$q_{\max} = \frac{P_u}{A_{\text{desain}}} + \frac{6 * M_u}{B * L^2}$$

$$q_{\min} = \frac{P_u}{A_{\text{desain}}} - \frac{6 * M_u}{B * L^2}$$

jika ternyata harga $q_{\min} < 0$, maka hitung harga q_{\max} sebagai berikut:

$$q_{\max} = \frac{2 * P_u}{3 * B * \left(\frac{L}{2} - \frac{M_u}{P_u} \right)}$$

2. Simpan harga q_{\max} dan q_{\min}

List program terdapat pada lampiran 2 halaman 88.

S. Sub Analisis Geser

1. Hitung d_{ef} , b_g , dan v_n dimana :

$$d_{ef} = h - c - dtul$$

$$b_g = 0.5 * L - 0.5 * w - d_{ef}$$

- o untuk ϕV_n ,

jika tipe pondasi beton bertulang, maka :

$$\phi V_n = \phi V_c = 0,75 * (\sqrt{f_{c\text{pondasi}}}) * B * d_{ef} / 6$$

jika tipe pondasi beton tak bertulang, maka :

$$\phi V_n = \phi V_c = 0,75 * (\sqrt{f_{c\text{pondasi}}}) * B * d_{ef} * 2/9$$

2. Hitung V_u berdasarkan kondisi yang terjadi dari perhitungan tegangan ultimit.

a. kondisi 1 ($M=0$)

- o $V_u = q_{u\max} * B * b_g$

b. kondisi 2 ($q_{u\min} > 0$)

- o $q_x = q_{u\max} - q_{u\min}$

- o $t_v = q_x * (L - b_g) / L$

- o $v_1 = q_{u\min} + t_v$

- o $v_2 = q_{u\max} - v_1$

- o $V_u = (v_1 + 0.5 * v_2) * B * b_g$

c. kondisi 3 ($q_{u\min} = 0$)

- o $b_x = 3 * \left(\frac{L}{2} - \frac{M_u}{P_u} \right)$

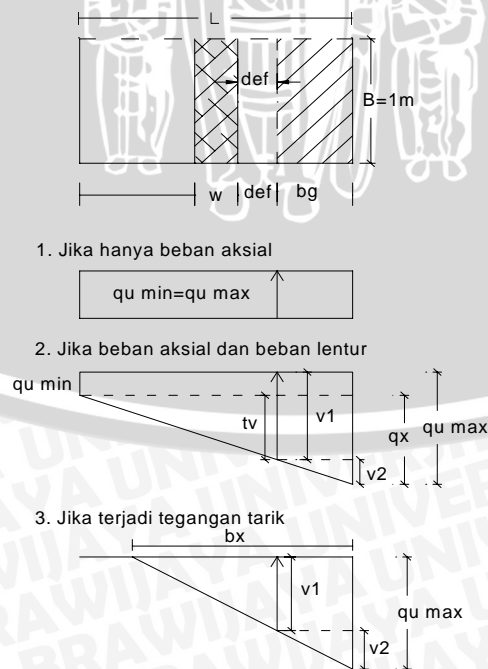
- o $v_1 = q_{u\max} * (b_x - b_g) / b_x$

- o $v_2 = q_{u\max} - v_1$

- o $V_u = (v_1 + 0.5 * v_2) * B * b_g$

3. Simpan harga def , ϕV_n , q_x , b_x , dan V_u

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada flowchart gambar 4.13 pada hal 55 dan list program terdapat pada lampiran 2 halaman 88.



gambar 4.10 : Analisis geser satu arah pada masing-masing kondisi

T. Kontrol Analisis Geser

1. Cek : $V_u > \phi V_n$

jika $V_u > \phi V_n$, maka tebal pondasi diperbesar dengan cara : $h = h + 50$

2. Dengan tebal baru tersebut, perhitungan diulang secara berurutan mulai dari sub prosedur N (Penampang) selama $V_u > \phi V_n$
3. Jika $V_u < \phi V_n$, maka simpan h , L , P_{total} , q_{max} , q_{min} , q_{umax} , q_{umin} , def , V_u , dan ϕV_n .

List program terdapat pada lampiran 2 halaman 88.

U. Sub Lentur

1. Hitung bl ,

Jika tipe dinding batu bata, maka : $bl = 0,5 * L - 0,25 * w$

Jika tipe dinding beton, maka : $bl = 0,5 * L - 0,5 * w$

2. Hitung Mu_1 berdasarkan kondisi yang terjadi dari perhitungan tegangan ultimit.

- a. kondisi 1 ($M=0$)

- o $Mu_1 = 0,5 * q_{umax} * bl^2 * B$

- b. kondisi 2 ($q_{umin} > 0$)

- o $t_1 = q_x * (L - bl) / L$

- o $q_1 = q_{umin} + t_1$

- o $q_2 = q_{umax} - q_1$

- o $Qm_1 = q_1 * bl * B$

- o $Qm_2 = 0,5 * q_2 * bl * B$

- o $Mu_1 = Qm_1 * 0,5 * bl + Qm_2 * \frac{2}{3} * bl$

- c. kondisi 3 ($q_{umin} = 0$)

- o $q_1 = q_{umax} * (bx - bl) / bx$

- o $q_2 = q_{umax} - q_1$

- o $Qm_1 = q_1 * bl * B$

- o $Qm_2 = 0,5 * q_2 * bl * B$

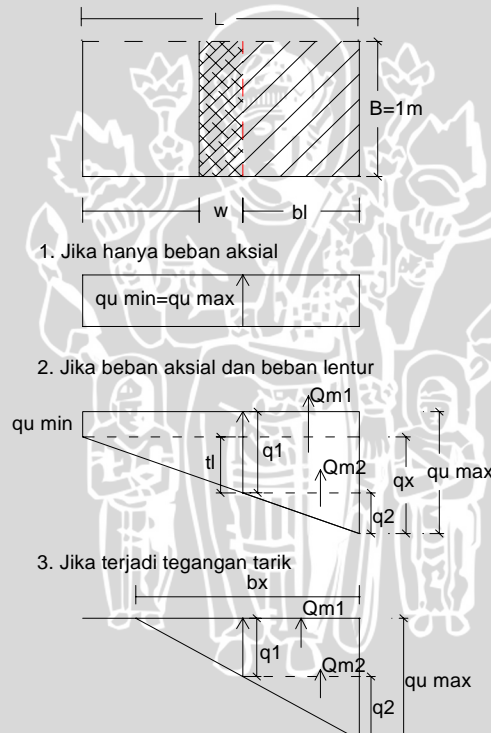
- o $Mu_1 = Qm_1 * 0,5 * bl + Qm_2 * \frac{2}{3} * bl$

3. Jika tipe pondasi beton bertulang, hitung harga mlentur, R_{min} , R_{bal} , R_{max} , R_n , dan R_1 , dimana :

- o $m_{lentur} = f_y / (0,85 \cdot f_{cpondasi})$
- o $R_{min} = 1,4 / f_y$
- o $R_{bal} = \frac{0,85 \cdot f_{cpondasi} \cdot \beta_{t1}}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
- o $R_{max} = 0,75 \cdot R_{bal}$
- o $R_n = M_{u1} / (0,8 \cdot B \cdot d_{ef}^2)$
- o $R_1 = \frac{1}{m_{lentur}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m_{lentur} \cdot R_{n1}}{f_y}} \right)$

4. Simpan harga M_{u1} dan Rho_1

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada flowchart gambar 4.14 pada hal 56 dan List program terdapat pada lampiran 2 halaman 88.



gambar 4.11 : Analisis lentur pada masing-masing kondisi

V. Syarat Keruntuhan

Hanya berlaku jika tipe pondasi Beton bertulang, yaitu cek : $R_{min} < R_1 < R_{max}$

- a. jika $R_1 < R_{min}$, maka $Rho_1 = R_{min}$
- b. jika $R_{min} < R_1 < R_{max}$, maka $Rho_1 = R_1$

- c. jika $R_1 > R_{max}$, maka tebal pondasi diperbesar dengan cara: $h = h + 50$
 Dengan tebal baru tersebut, perhitungan diulang secara berurutan mulai dari sub prosedur N (Penampang) selama $R_1 > R_{max}$.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada flowchart gambar 4.15 pada hal 56 dan list program terdapat pada lampiran 2 halaman 89.

W. Sub Penulangan

- Hanya berlaku jika tipe pondasi Beton bertulang, yaitu setelah ditentukan harga Rho_1 maka hitung As_{perlu_1} , n_{perlu_1} , dan A_{stul_1} dimana :
 - $As_{perlu_1} = Rho_1 * B * def$
 - $n_{perlu_1} = As_{perlu_1} / (1/4 * \pi * dtul^2)$
 - $A_{stul_1} = n_{perlu_1} * (1/4 * \pi * dtul^2)$
- Untuk tulangan pembagi, digunakan $Rho_2 = 0,0020$ lalu dihitung As_{perlu_2} , n_{perlu_2} , dan A_{stul_2} , dimana :
 - $As_{perlu_2} = Rho_2 * L * def$
 - $n_{perlu_2} = As_{perlu_2} / (1/4 * \pi * dtul^2)$
 - $A_{stul_2} = n_{perlu_2} * (1/4 * \pi * dtul^2)$
- Simpan harga As_{perlu_1} , n_{perlu_1} , A_{stul_1} , As_{perlu_2} , n_{perlu_2} , dan A_{stul_2}
 List program terdapat pada lampiran 2 halaman 89.

X. Sub Tegangan Tarik

- Hanya berlaku untuk tipe pondasi Beton tak bertulang, yaitu hitung f_{tmax} dan h_{perlu} , dimana :
 - $f_{tmax} = 0,28 * \sqrt{f_c}$ pondasi
 - $h_{perlu} = \sqrt{\frac{Mu}{46,667 * \sqrt{f_c}}} + 50$
- Simpan harga f_{tmax} dan h_{perlu}

List program terdapat pada lampiran 2 halaman 90.

Y. Sub Tebal

- Hanya berlaku untuk tipe pondasi Beton tak bertulang, yaitu :
 Cek : $h_{perlu} > h_{awal}$
 Jika $h_{perlu} > h_{awal}$, maka ulangi perhitungan mulai dari sub prosedur N (Penampang) menggunakan h_{perlu} tersebut.

2. Simpan harga h_{perlu} .

List program terdapat pada lampiran 2 halaman 90.

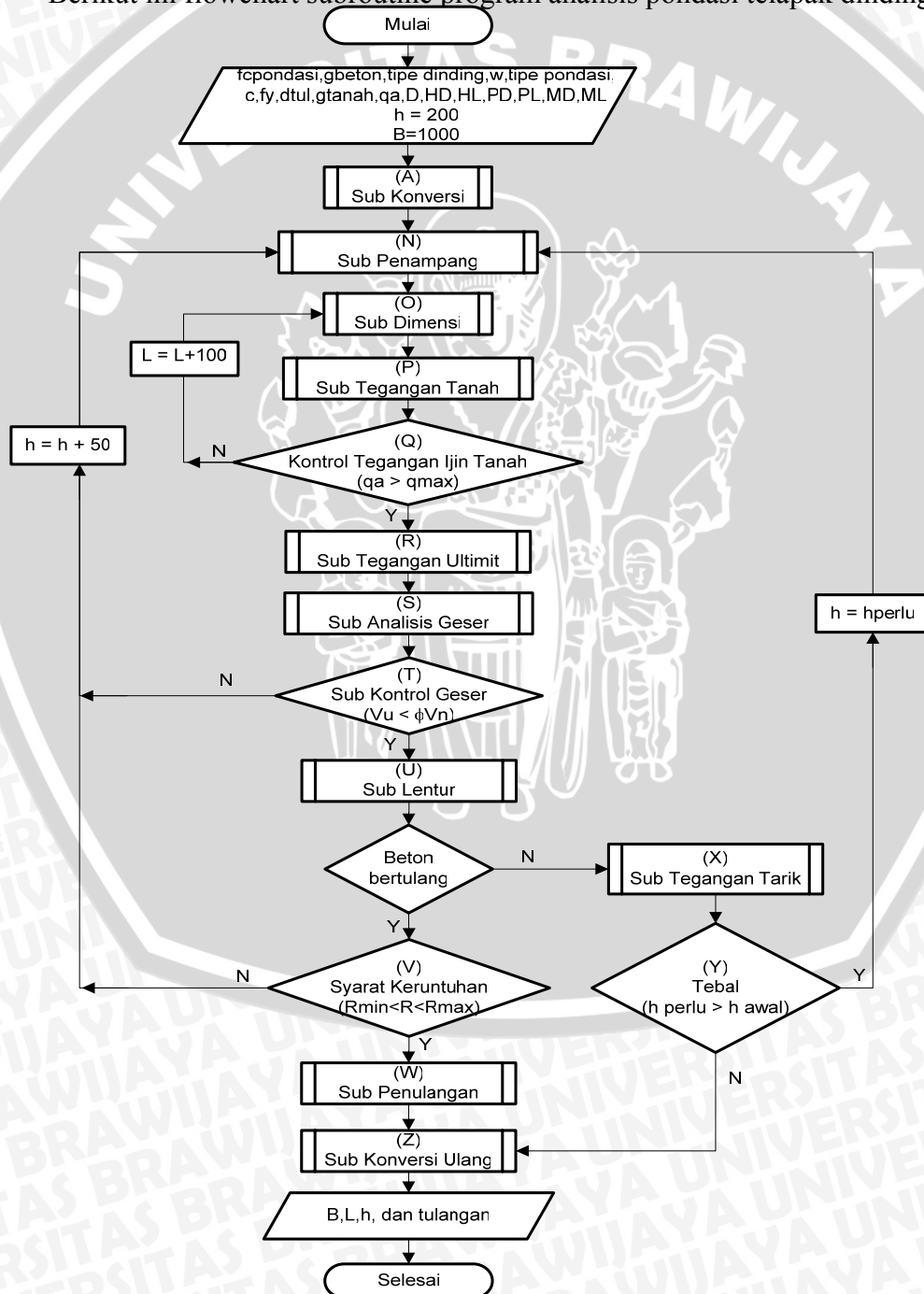
Z. Sub Konversi Ulang

Semua hasil perhitungan akan dikonversi sesuai dengan satuan awal yang dipilih

List program terdapat pada lampiran 1 halaman 90.

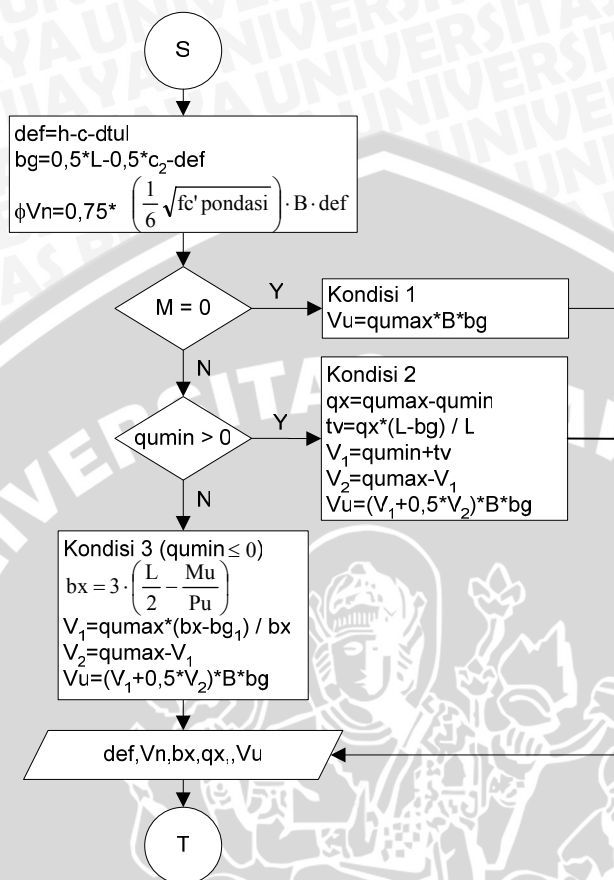
4.2.3 Detail Flowchart Subroutine Analisis Pondasi Telapak Dinding

Berikut ini flowchart subroutine program analisis pondasi telapak dinding :

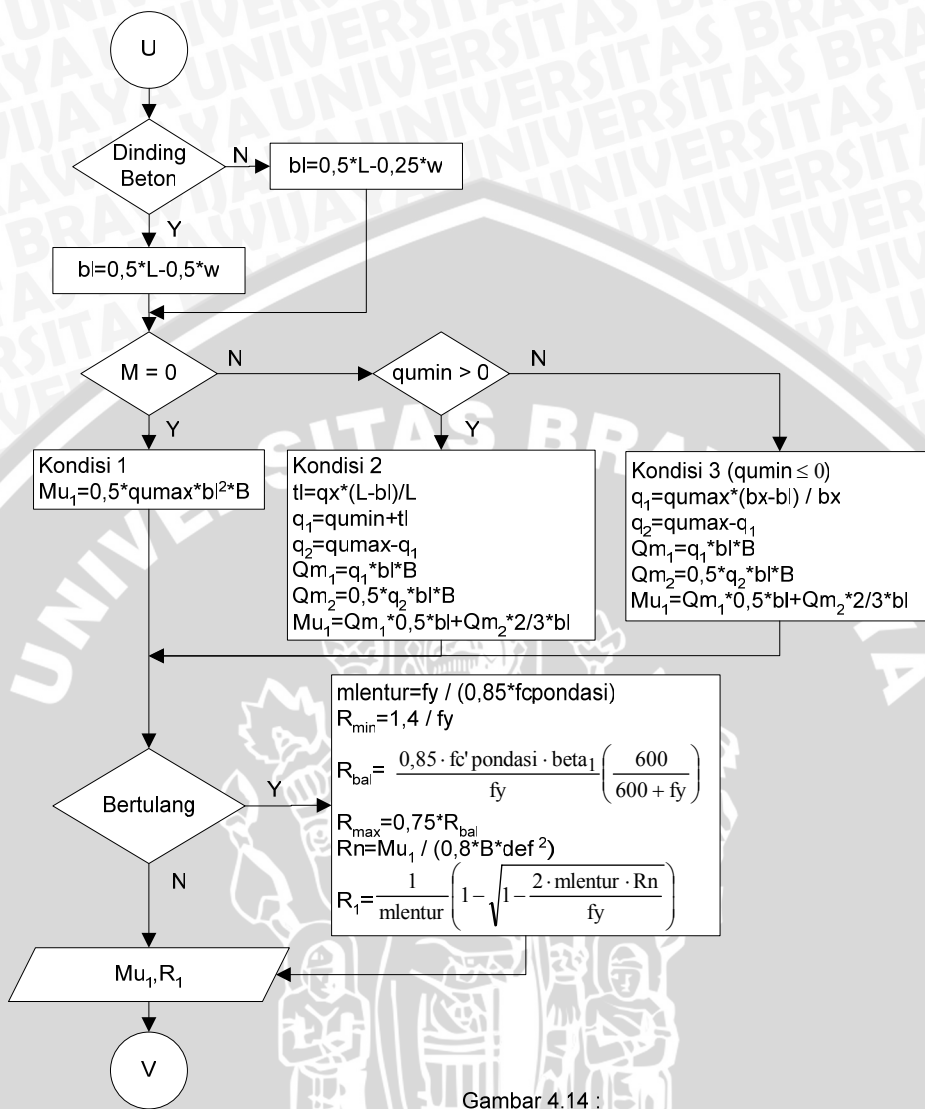


gambar 4.12 : Flowchart Subroutine Program Analisis Pondasi Telapak Dinding

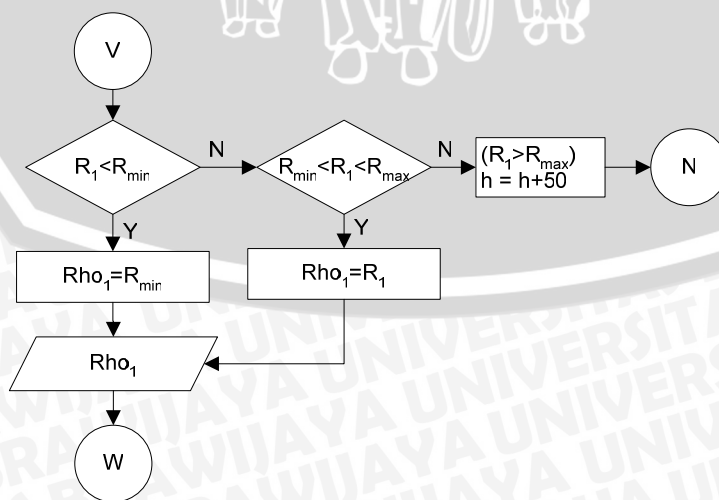
Untuk lebih jelasnya, berikut ini adalah detail dari beberapa sub prosedur tersebut:



Gambar 4.13:
Flowchart sub prosedur S (Analisis Geser)



Gambar 4.14 :
Flowchart sub prosedur U (Lentur)



Gambar 4.15 :
Flowchart sub prosedur V (Syarat keruntuhan)

4.3 Verifikasi Program

Setelah penulisan program selesai dibuat, maka perlu dilakukan pengujian terhadap program untuk membuktikan kelayakan program. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil yang diperoleh dari program dengan penyelesaian secara manual. Contoh soal yang digunakan diambil dari literatur dan telah disesuaikan dengan SNI – 03 – 2847 – 2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.

1. Rencanakan suatu pondasi beton bertulang bujur sangkar yang mendukung kolom beton $300 \times 300 \text{ mm}^2$ dengan pengikat tulangan sengkang. Beban mati kerja = 11000 kg, beban hidup kerja = 8500 kg
 $\mu = 10500 \text{ kgm}$, tegangan tanah ijin = $1,5 \text{ kg/cm}^2$ pada kedalaman 1,7 m dari permukaan tanah asli. Mutu beton pondasi, $f_c' = 17,5 \text{ MPa}$, mutu beton kolom, $f_c' = 30 \text{ MPa}$. Mutu tulangan pondasi, $f_y = 220 \text{ MPa}$. Berat satuan tanah isian, $\gamma_t = 1600 \text{ kg/m}^3$

Penyelesaian :

Misal h pondasi = 300 mm, maka:

$$\text{Berat pondasi} = 0,3 \times 2400 = 720 \text{ kg/m}^2 = 0,072 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Berat tanah} = 1,4 \times 1600 = 2240 \text{ kg/m}^2 = 0,224 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{\text{netto}} = 1,5 - 0,072 - 0,224 = 1,204 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Jadi A perlu} = \frac{11000 + 8500}{1,204} = 16196,0133 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ukuran pondasi dicoba} : (130 \times 130) \text{ cm}^2 = 16900 \text{ cm}^2$$

Pembebanan :

$$\mu = 10500 \text{ kgm} \rightarrow M = \frac{\mu}{1,6} = 6562,5 \text{ kgm} = 656250 \text{ kgcm}$$

$$\text{Pondasi} = 1,3 \times 1,3 \times 0,3 \times 2400 = 1216,8 \text{ kg}$$

$$\text{Tanah} = (1,3 \times 1,3 - 0,3 \times 0,3) \times 1,4 \times 1600 = 3584 \text{ kg}$$

$$\text{Beban kerja} = 11000 + 8500 = 19500 \text{ kg}$$

$$P = 24300,8 \text{ kg}$$

Tegangan tanah pada dasar pondasi :

$$q_{\text{max/min}} = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} \leq q_a = 1,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{\text{max/min}} = \frac{24300,8}{130^2} \pm \frac{656250 \cdot 6}{130^3} = 1,438 \pm 1,792$$

$$q_{\text{max}} = 3,23 \text{ kg/cm}^2 > q_a$$

$$q_{\text{min}} = -0,35 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{terjadi tegangan tarik}$$

$$e = \frac{M}{P} = \frac{656250}{24300,8} = 27,0053 \text{ cm}$$

Maka tegangan tanah pada dasar

$$q_{\text{max}} = \frac{2P}{3B \left(\frac{L}{2} - e \right)} = \frac{2 \cdot 24300,8}{3 \cdot 130 \left(\frac{130}{2} - 27,0053 \right)} = 3,23 \text{ kg/cm}^2 > q_a = 1,5 \text{ kg/cm}^2$$

setelah dilakukan coba-coba dan penyesuaian :

B=L (cm)	130	140	150	160	170	180	190
pondasi tanah	1216.8	1411.2	1620	1843.2	2080.8	2332.8	2599.2
beban kerja	3584	4188.8	4838.4	5532.8	6272	7056	7884.8
P (kg)	19500	19500	19500	19500	19500	19500	19500
q _{max} (kg/cm ²)	24300,8	25100	25958,4	26876	27852,8	28888,8	29984
q _{max} (kg/cm ²)	3,2301	2,7156	2,3204	2,0111	1,7652	1,5668	1,4046
e (cm)	-0,3543	-0,1543	-0,0130	0,0885	0,1623	0,2165	0,2565
q _{max} (kg/cm ²)	27,0053	26,1454	25,2808				
q _{max} (kg/cm ²)	3,2799	2,7255	2,3204				

ukuran pondasi diganti : 190x190 cm² = 36100 cm²,
 setelah dimensi diperoleh, maka kekuatan pondasi akan diperiksa sbb :

Tegangan Tanah yang Terjadi (q_u)

M_u = 10500 kgm = 1050000 kgcm

Beban kerja terfaktor = 1,2x11000 + 1,6x8500 = 26800 kg

$$q_u = \frac{P_u}{A} \pm \frac{M_u}{W} = \frac{26800}{190^2} \pm \frac{1050000 \cdot 6}{190^3} = 0,7424 \pm 0,9185$$

q_{u max} = 1,6609 kg/cm²

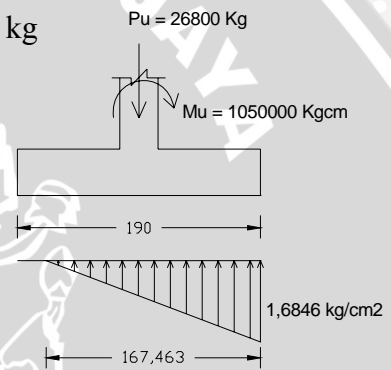
q_{u min} = -0,1761 kg/cm² → terjadi tegangan tarik

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{1050000}{26800} = 39,179 \text{ cm}$$

$$q_{u \max} = \frac{2P_u}{3B \left(\frac{L}{2} - e \right)} = \frac{2 \cdot 26800}{3 \cdot 190 \left(\frac{190}{2} - 39,179 \right)} = 1,6846 \text{ kg/cm}^2$$

$$x = 3 \cdot \left(\frac{L}{2} - e \right) = 3 \cdot \left(\frac{190}{2} - 39,179 \right) = 167,463 \text{ cm}$$

Apabila tebal pondasi 300 mm, dengan tebal selimut beton 75 mm dan menggunakan batang tulangan φ19 untuk masing-masing arah maka tinggi efektif, d = 300 – 75 – 19 = 206 mm



Kontrol Geser

- Geser Satu Arah

$$v_1 = \frac{167,463 - 59,4}{1,6846} = 1,0871 \text{ kg/cm}^2$$

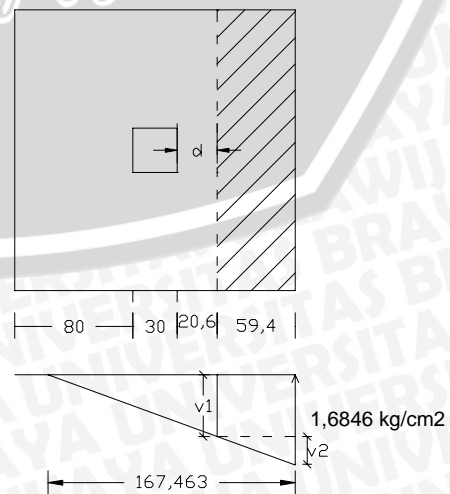
$$v_2 = 1,6846 - 1,0871 = 0,5975 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u = (1,0871 + \frac{1}{2} \cdot 0,5975) \cdot (190) \cdot (59,4) = 15640,703 \text{ kg}$$

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \right) \cdot b_w \cdot d = \left(\frac{1}{6} \sqrt{17,5} \right) \cdot 190 \cdot 20,6 \cdot 10,19716 = 27827,092 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 27827,092 = 20870,319 \text{ kg}$$

$\phi V_c > V_u \rightarrow$ aman terhadap geser



• Geser Dua Arah

$$\frac{v_1}{1,6846} = \frac{167,463 - 69,7}{167,463}$$

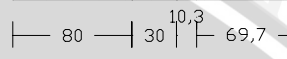
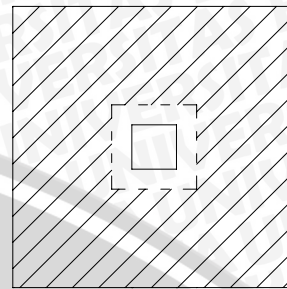
$$v_1 = 0,9835 \text{ kg/cm}^2$$

$$v_2 = 1,6846 - 0,9835 = 0,7011 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u = (0,9835 + \frac{1}{2} \times 0,7011) (190^2 - 50,6^2)$$

$$= 44743,557 \text{ kg}$$

$$b_o = 4 \times 50,6 = 202,4 \text{ cm}$$



Vc, nilai minimum dari :

a. $V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{6}$
 $= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{\sqrt{17,5} \cdot 202,4 \cdot 20,6}{6} \times 10,19716 = 88929,529 \text{ kg}$

b. $V_c = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{12}$
 $= \left(\frac{40 \cdot 20,6}{202,4} + 2\right) \frac{\sqrt{17,5} \cdot 202,4 \cdot 20,6}{12} \times 10,19716 = 89984,029 \text{ kg}$

c. $V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$
 $= \frac{1}{3} \sqrt{17,5} \cdot 202,4 \cdot 20,6 \times 10,19716 = 59286,353 \text{ kg}$

$\phi V_c = 0,75 \times 59286,353 = 44464,764 \text{ kg}$

$\phi V_c < V_u \rightarrow$ tidak aman terhadap geser

maka tebal pondasi akan diperbesar menjadi 350 mm dan dilakukan perhitungan ulang dari awal sehingga didapatkan tinggi efektif, $d = 350 - 75 - 19 = 256 \text{ mm}$

• Geser Satu Arah

$V_u = 14582,029 \text{ kg}$

$\phi V_c = 25935,931 \text{ kg}$, jadi $\phi V_c > V_u \rightarrow$ aman terhadap geser

• Geser Dua Arah

$V_u = 44449,435 \text{ kg}$

$\phi V_c = 60717,388 \text{ kg}$, jadi $\phi V_c > V_u \rightarrow$ aman terhadap geser

Dari kontrol geser diatas maka tebal pondasi = 35 cm bisa dipakai sehingga dimensi pondasi yang dipakai adalah $190 \times 190 \times 35 \text{ cm}^3$

Momen Desain

$q_1 = \frac{167,463 - 80}{1,6846} = \frac{87,463}{1,6846}$

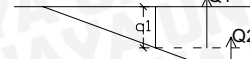
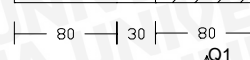
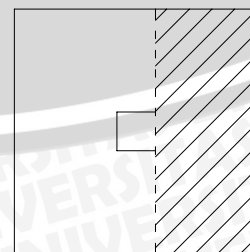
$q_1 = 0,8799 \text{ kg/cm}^2$

$q_2 = 1,6846 - 0,8799 = 0,8048 \text{ kg/cm}^2$

$Q_1 = q_1 \times 80 \times 190 = 13374,48 \text{ kg}$

$Q_2 = q_2 \times \frac{1}{2} \times 80 \times 190 = 6116,48 \text{ kg}$

$M_u = Q_1 \times \frac{1}{2} \times 0,8 + Q_2 \times \frac{2}{3} \times 0,8 = 8611,9147 \text{ kgm}$



Penulangan

$$Mu = 8611,9147 \text{ kgm} = 86,12 \text{ kNm}$$

$$d = 256 \text{ mm}$$

$$f_c' = 17,5 \text{ MPa}$$

$$f_y = 220 \text{ MPa}$$

$$b = 190 \text{ cm} = 1900 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{220}{0,85 \cdot 17,5} = 14,79$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{Mu}{0,8 \cdot b \cdot d^2} = \frac{86,12 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1900 \cdot 256^2} = 0,865 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{220} = 0,0064$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 17,5 \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 220} \right)}{220} = 0,0421$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_{\text{bal}} = 0,75 \times 0,0421 = 0,0315$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{14,79} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 14,79 \cdot 0,865}{220}} \right) = 0,004$$

diperoleh $\rho < \rho_{\min}$

digunakan $\rho_{\min} = 0,0064$

$$A_s = 0,0064 \times 1900 \times 256 = 3112,96 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan baja 11 ϕ 19 ($A_s = 3118,82 \text{ mm}^2$)

Penyaluran Kuat Tumpu

$$\text{Kuat tumpuan pondasi} = \phi(0,85f_c' A_t)(2,0) = 0,70(0,85 \times 17,5 \times 300^2) \times 2 = 1874,25 \text{ kN} \\ = 191120,3 \text{ kg}$$

$$\text{Kuat tumpuan kolom} = \phi(0,85f_c' A_t) = 0,70(0,85)(30)(300)^2 = 1606,5 \text{ kN} \\ = 163817,4 \text{ kg}$$

$$\text{Beban} = P_u = 26800 \text{ kg}$$

Karena $26800 < 163817,4 < 191120,3 \rightarrow$ aman

Untuk memperoleh kesempurnaan pelimpahan beban tersebut, SNI – 03 – 2847 – 2002 mensyaratkan luas penampang pasak (dowel) minimum sebagai berikut:

$$A_s \text{ perlu} = 0,005 A_g = 0,005 (300)^2 = 450 \text{ mm}^2$$

Jika dipasang 4 batang tulangan dowel, maka :

$$\text{Digunakan tulangan baja } 4\phi 12 \text{ (} A_s = 452,398 \text{ mm}^2 \text{)}$$

Panjang penyaluran dasar dowel ke dalam fondasi,

$$l_{db} = \frac{d_b \cdot f_y}{4\sqrt{f_c'}} = \frac{12 \cdot 220}{4\sqrt{17,5}} = 157,77 \text{ mm} = 0,1578 \text{ m}$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$l_{db} = 0,04 d_b f_y = 0,04(12)(220) = 105,6 \text{ mm} = 0,1056 \text{ m}$$

$$\text{faktor modifikasi} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tersedia}} = \frac{450}{452,39} = 0,995$$

$$l_d \text{ perlu} = 0,1578 \times 0,995 = 0,157 \text{ m, digunakan } l_{d \text{ perlu}} = 0,2 \text{ m}$$

Setelah dilakukan perhitungan dengan program, maka hasilnya akan dibandingkan. Berikut adalah perbandingan hasil kedua cara tersebut :

	Manual	Program
Dimensi		
B	1,9 m	1,9 m
L	1,9 m	1,9 m
h	0,35 m	0,35 m
Geser satu arah		
Vu	14582,029 kg	14583,77 kg
φVc	25935,931 kg	25935,94 kg
Geser dua arah		
Vu	44449,435 kg	44449,02 kg
φVc	60717,388 kg	60717,39 kg
Lentur		
Mu	8611,9147 kgm	8611,306 kgm
Asperlu tulangan	3112,96 mm ²	3095,273 mm ²
	11φ19	11φ19
Pasak		
Asperlu tulangan	450 mm ²	450 mm ²
	4 φ 12	4 φ 12
Panjang penyaluran	0,2 m	0,2 m

2. Rencanakan suatu pondasi beton bertulang untuk mendukung kolom beton bujur sangkar 500 mm berpengikat sengkang. Satu sisi pondasi dibatasi tidak dapat lebih dari 2,3 m. Beban mati kerja = 780 kN, beban hidup kerja = 780 kN, tegangan tanah ijin = 240 kPa pada kedalaman 1,65 m dari permukaan tanah. Mutu beton pondasi, $f_c' = 20$ MPa. Mutu beton kolom, $f_c' = 30$ MPa. $f_y = 300$ MPa. Berat jenis beton = 23 kN/m^3 , berat jenis tanah = $15,7 \text{ kN/m}^3$.

Penyelesaian :

Misal h pondasi = 300 mm, maka:

$$\text{Berat pondasi} = 0,3 \times 23 = 6,9 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat tanah} = 1,35 \times 15,7 = 21,195 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{netto}} = 240 - 6,9 - 21,195 = 211,905 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Jadi Aperlu} = \frac{780 + 780}{211,905} = 7,36179 \text{ m}^2$$

$$\text{Ukuran pondasi dicoba : } 2,3 \text{ m} \times 3,2 \text{ m} = 7,36 \text{ m}^2$$

Pembebanan :

$$\text{Pondasi} = 2,3 \times 3,2 \times 0,3 \times 23 = 50,784 \text{ kN}$$

$$\text{Tanah} = (2,3 \times 3,2 - 0,5 \times 0,5) \times 1,35 \times 15,7 = 150,6965 \text{ kN}$$

$$\text{Beban kerja} = 780 + 780 = 1560 \text{ kN}$$

$$P = 1761,481 \text{ kN}$$

Tegangan tanah pada dasar pondasi :

$$q_{\text{max/min}} = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} \leq q_a = 240 \text{ kN/m}^2$$

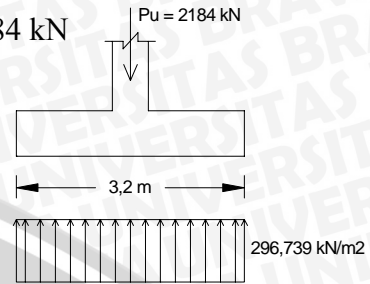
$$q_{\text{max/min}} = \frac{1761,481}{2,3 \times 3,2} = 239,332 \text{ kN/m}^2$$

setelah dimensi diperoleh, maka kekuatan pondasi akan diperiksa sbb :

Tegangan tanah ultimit (q_u)

Beban kerja terfaktor = $1,2 \times 780 + 1,6 \times 780 = 2184 \text{ kN}$

$$q_u = \frac{P_u}{A} = \frac{2184}{2,3 \times 3,2} = 296,739 \text{ kN/m}^2$$



Apabila tebal pondasi 300 mm, dengan tebal selimut beton 75 mm dan menggunakan batang tulangan $\phi 25$ untuk masing-masing arah maka tinggi efektif, $d = 300 - 75 - 25 = 200 \text{ mm}$

Kontrol Geser

- Geser Satu Arah

$$V_u = 296,739 \times 2,3 \times 1,15 = 784,875 \text{ kN}$$

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \right) \cdot b_w \cdot d$$

$$= \left(\frac{1}{6} \sqrt{20} \right) \cdot 2300 \cdot 200 = 342,864 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 342,864 = 257,148 \text{ kN}$$

$\phi V_c < V_u \rightarrow$ tidak aman terhadap geser

maka tebal pondasi akan diperbesar. Hal ini berpengaruh terhadap luas perlu pondasi. Setelah melalui proses coba-coba dan penyesuaian diperoleh data-data sebagai berikut :

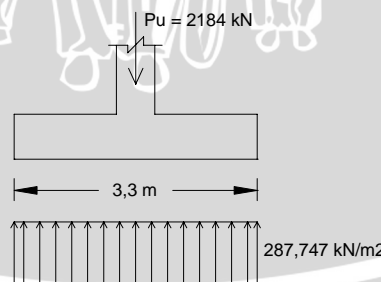
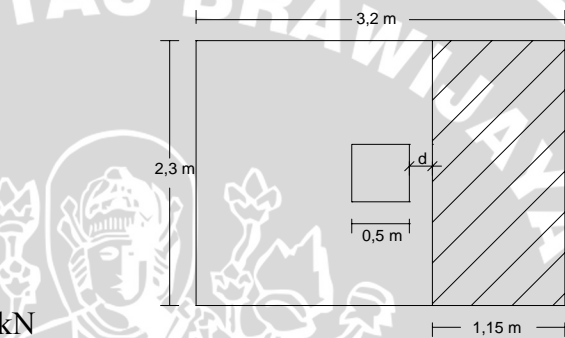
$$h = 600 \text{ mm} = 0,6 \text{ m}$$

Dimensi pondasi = $2,3 \text{ m} \times 3,3 \text{ m}$

Tegangan tanah pada dasar pondasi, $q_{\max/\min} = 235,276 \text{ kPa} < q_a = 240 \text{ kPa}$

Tegangan tanah ultimit

$$q_u = \frac{P_u}{A} = \frac{2184}{2,3 \times 3,3} = 287,747 \text{ kN/m}^2$$



$$d = 600 - 75 - 25 = 500 \text{ mm}$$

Kontrol Geser

- Geser Satu Arah

$$V_u = 287,747 \times 2,3 \times 0,9$$

$$= 595,636 \text{ kN}$$

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'}\right) \cdot b_w \cdot d$$

$$= \left(\frac{1}{6} \sqrt{20}\right) \cdot 2300 \cdot 500 = 857,159 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 857,159 = 642,869 \text{ kN}$$

$\phi V_c > V_u \rightarrow$ aman terhadap geser

- Geser Dua Arah

$$V_u = 287,747 \times (7,59 - 1^2)$$

$$= 1896,253 \text{ kN}$$

$$b_o = 4 \times 1 \text{ m} = 4 \text{ m}$$

V_c , nilai minimum dari :

a. $V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{6}$

$$= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{\sqrt{20} \cdot 4000 \cdot 500}{6} = 4472,136 \text{ kN}$$

b. $V_c = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{12}$

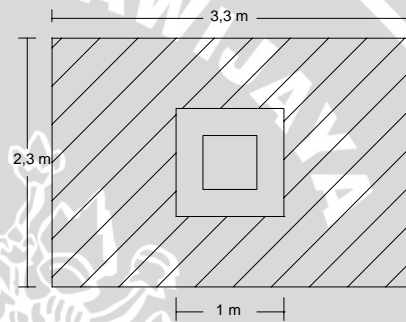
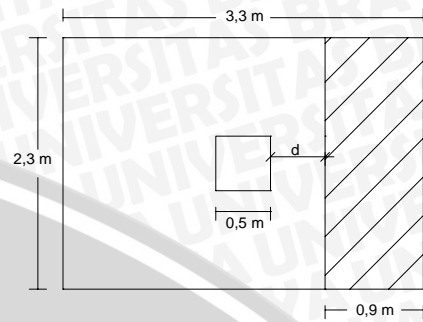
$$= \left(\frac{40 \cdot 500}{4000} + 2\right) \frac{\sqrt{20} \cdot 4000 \cdot 500}{12} = 5217,492 \text{ kN}$$

c. $V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

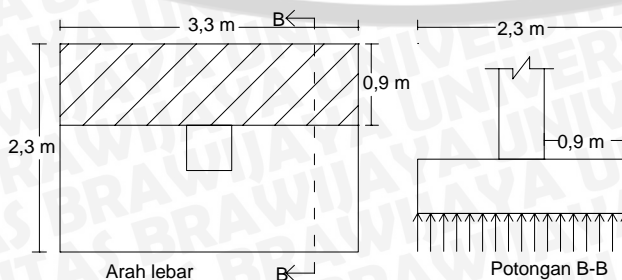
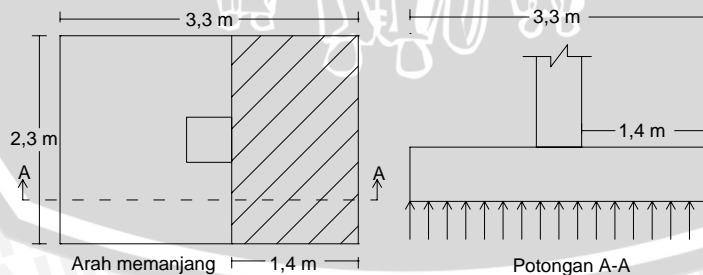
$$= \frac{1}{3} \sqrt{20} \cdot 4000 \cdot 500 = 2981,424 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 2981,424 = 2236,068 \text{ kN}$$

$\phi V_c > V_u \rightarrow$ aman terhadap geser



Momen Desain



- Arah memanjang

$$M_u = 287,747 \times 1,4 \times \frac{1}{2} \times 1,4 \times 2,3 = 648,582 \text{ kNm}$$

- Arah lebar

$$M_u = 287,747 \times 0,9 \times \frac{1}{2} \times 0,9 \times 3,3 = 384,574 \text{ kNm}$$

Penulangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{300}{0,85 \cdot 20} = 17,647$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,0047$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 20 \cdot 0,85}{300} \left(\frac{600}{600 + 300} \right) = 0,0321$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_{\text{bal}} = 0,75 \times 0,032 = 0,0241$$

- Penulangan arah memanjang

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{M_u}{0,8 \cdot b \cdot d^2} = \frac{648,482 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 2300 \cdot 500^2} = 1,41 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{17,647} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 17,647 \cdot 1,41}{300}} \right) = 0,0049$$

$$A_s = 0,0049 \times 2300 \times 500 = 5635 \text{ mm}^2$$

Penulangan lentur arah memanjang digunakan 12 ϕ 25 ($A_s = 5890,486 \text{ mm}^2$)

- Penulangan arah lebar

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{M_u}{0,8 \cdot b \cdot d^2} = \frac{384,574 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 3300 \cdot 500^2} = 0,583 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{17,647} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 17,647 \cdot 0,583}{300}} \right) = 0,002$$

diperoleh $\rho < \rho_{\min}$, maka digunakan $\rho_{\min} = 0,0047$

$$A_s = 0,0047 \times 3300 \times 500 = 7755 \text{ mm}^2$$

Penulangan lentur arah lebar digunakan 16 ϕ 25 ($A_s = 7853,982 \text{ mm}^2$).

Untuk pondasi persegi panjang, sebagian dari batang tulangan baja ke arah lebar dipasang pada suatu rentang ditengah yang panjangnya sama dengan lebar pondasi, tepat dibawah kolom yang mendukungnya. Sebagian tulangan arah lebar yang ditempatkan dalam rentang tersebut adalah :

$$\frac{2}{\beta + 1} = \frac{2}{\frac{3,3}{2,3} + 1} = 0,821 = 82,1\%, \text{ yaitu}$$

$$0,821 \times 16 = 13,4 \approx 14 \text{ batang}$$

Penyaluran Kuat Tumpu

$$\text{Kuat tumpuan pondasi} = \phi(0,85 f_c' A_t)(2,0) = 0,70(0,85 \times 20 \times 500^2) \times 2 = 5950 \text{ kN}$$

$$\text{Kuat tumpuan kolom} = \phi(0,85 f_c' A_t) = 0,70(0,85)(30)(500)^2 = 4462,5 \text{ kN}$$

$$\text{Beban} = P_u = 2184 \text{ kN}$$

Karena $2184 < 4462,5 < 5950 \rightarrow$ aman

Untuk memperoleh kesempurnaan pelimpahan beban tersebut, SNI – 03 – 2847 – 2002 mensyaratkan luas penampang pasak (dowel) minimum sebagai berikut:

$$A_s \text{ perlu} = 0,005 A_g = 0,005 (500)^2 = 1250 \text{ mm}^2$$

Jika dipasang 4 batang tulangan dowel, maka :

$$\text{Digunakan tulangan baja } 4\phi 20 \text{ (} A_s = 1256,637 \text{ mm}^2\text{)}$$

Panjang penyaluran dasar dowel ke dalam fondasi,

$$l_{db} = \frac{d_b \cdot f_y}{4\sqrt{f_c'}} = \frac{20 \cdot 300}{4\sqrt{20}} = 335,41 \text{ mm} = 0,335 \text{ m}$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$l_{db} = 0,04 d_b f_y = 0,04(20)(300) = 240 \text{ mm} = 0,24 \text{ m}$$

$$\text{faktor modifikasi} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tersedia}}} = \frac{1250}{1256,637} = 0,99$$

$$l_d \text{ perlu} = 0,335 \times 0,99 = 0,333 \text{ m}$$

Setelah dilakukan perhitungan dengan program, maka hasilnya akan dibandingkan. Berikut adalah perbandingan hasil kedua cara tersebut :

	Manual	Program
Dimensi		
B	2,3 m	2,3 m
L	3,3 m	3,3 m
h	0,6 m	0,6 m
Geser satu arah		
Vu	595,636 kN	595,636 kN
φVc	642,869 kN	642,869 kN
Geser dua arah		
Vu	1896,253 kN	1896,253 kN
φVc	2236,068 kN	2236,068 kN
Lentur arah memanjang		
Mu	648,582 kNm	648,582 kNm
Asperlu	5635 mm ²	5649,757 mm ²
tulangan	12φ25	12φ25
Lentur arah lebar		
Mu	384,574 kNm	384,574 kNm
Asperlu	7755 mm ²	7700 mm ²
tulangan	16φ25	16φ19
Pasak		
Asperlu	1250 mm ²	1250 mm ²
Tulangan	4φ20	4φ20
Panjang penyaluran	0,333 m	0,333 m

- Rencanakan pondasi telapak beton tanpa tulangan untuk menopang dinding batu bata setebal 300 mm. Beban guna terdiri dari beban mati (termasuk berat sendiri beton) 150 kN/m' dan beban hidup 300 kN/m'. $f_c' = 20 \text{ MPa}$, tekanan tanah ijin 250 kPa, berat beton = 23 kN/m³, berat tanah = 16 kN/m³. Dasar pondasi terletak pada kedalaman 1,5 m dari permukaan tanah.

Penyelesaian :

Misal h pondasi = 200 mm, maka:
 Berat pondasi = $0,2 \times 23 = 4,6 \text{ kN/m}^2$
 Berat tanah = $1,3 \times 16 = 20,8 \text{ kN/m}^2$
 $q_{netto} = 250 - 4,6 - 20,8 = 224,6 \text{ kN/m}^2$
 Jadi Diperlu = $\frac{150+300}{224,6} = 2,0036 \text{ m}^2$

Karena pondasi ditinjau per 1m, maka ukuran pondasi dicoba: $(2 \times 1) \text{ m}^2 = 2 \text{ m}^2$

Pembebanan :

Pondasi	= $2 \times 1 \times 0,2 \times 23$	=	9,2 kN
Tanah	= $(2 \times 1 - 0,3 \times 1) \times 1,3 \times 16$	=	35,36 kN
Beban kerja	= $150 + 300$	=	450 kN
		P =	494,56 kN

Tegangan tanah pada dasar pondasi :

$$q_{\max/\min} = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} \leq q_a = 250 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\max/\min} = \frac{494,56}{2 \times 1} = 247,28 \text{ kN/m}^2 < q_a$$

setelah dimensi diperoleh, maka kekuatan pondasi akan diperiksa sbb :

Tegangan tanah ultimit (q_u)

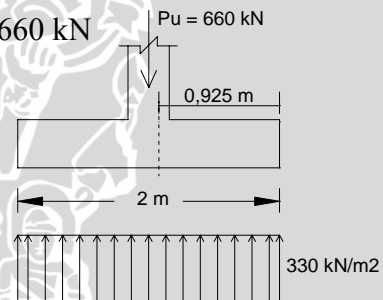
Beban kerja terfaktor = $1,2 \times 150 + 1,6 \times 300 = 660 \text{ kN}$

$$q_u = \frac{P_u}{A} = \frac{660}{2 \times 1} = 330 \text{ kN/m}^2$$

Lentur

Letak bidang kritis = 0,925 m dari tepi pondasi

$$M_u = \frac{1}{2} \times 330 \times (0,925)^2 \times 1 = 141,178 \text{ kNm}$$



Dengan memperhitungkan sebagai pondasi telapak tanpa penulangan dan penampang persegi panjang (lebar 1m), tegangan tarik beton, f_t pada sisi permukaan dasar pondasi adalah : $f_t = \frac{M_u}{S}$

dimana : $S = \text{Modulus penampang} = \frac{1}{6} b h^2$ ($b = 1 \text{ m}$, $h = \text{tebal pondasi total}$)
 Dari SNI - 03 - 2847 - 2002 pasal 11.5.3 ditentukan bahwa modulus keruntuhan lentur beton, $f_r = 0,70 \sqrt{f_c}$. Apabila diberikan batasan bahwa tegangan tarik maksimum ijin yang timbul di dalam pondasi beton tanpa penulangan adalah $\frac{2}{3} \phi(f_r)$, dengan nilai $\phi = 0,60$ maka $f_t \text{ maksimum} = \frac{2}{3} \times 0,60 \times 0,70 \times \sqrt{20} = 1,252 \text{ MPa}$ dan tebal pondasi telapak yang diperlukan dapat ditentukan sebagai berikut :

$$S = \frac{M_u}{f_t}$$

$$\frac{1}{6} b (h_{\text{perlu}})^2 = \frac{141,178 \times 10^6}{1,252}$$

$$h_{\text{perlu}} = 822,54 \text{ mm}$$

maka digunakan $h = 900 \text{ mm} \approx 0,9 \text{ m}$, untuk itu perhitungan akan diulangi dari awal sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\text{Diperlu} = 2,048 \text{ m}^2$$



$$\begin{aligned} \text{ukuran pondasi} &= (2,1 \times 1) \text{ m}^2 \\ q_{\text{max/min}} &= 243,214 \text{ kN/m}^2 < q_a \\ q_u &= 314,286 \text{ kN/m}^2 \\ M_u &= 149,384 \text{ kNm} \\ h_{\text{perlu}} &= 846,107 \text{ mm} \approx 0,9 \text{ m (ok!)} \end{aligned}$$

Geser

Perencanaan pondasi telapak beton tanpa tulangan umumnya mengabaikan peninjauan kuat geser, karena pondasi cukup tebal sehingga pengaruh kecil. Apabila penampang geser kritis terletak pada jarak sama dengan tinggi efektif, $d=h=0,9$ m, ternyata letak tersebut adalah ujung pondasi. Hal ini menyatakan bahwa geser dapat diabaikan karena :

$$V_u = 314,286 \times 1 \times (\frac{1}{2} \times 2,1 - \frac{1}{2} \times 0,3 - 0,9) = 0 \text{ kN}$$

Apabila menggunakan ketentuan SNI – 03 – 2847 – 2002 butir 24.7(6(2)) untuk komponen struktur yang hanya dibebani oleh geser dan lentur saja, maka tegangan geser rata-rata pada pondasi beton tanpa tulangan terletak diatas tanah yang dianggap berperilaku sebagai balok satu arah tidak boleh melampaui :

$$\phi V_c = 0,75 \cdot \frac{2}{9} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot h = 0,75 \cdot \frac{2}{9} \cdot \sqrt{20} \cdot 1000 \cdot 900 = 670,820 \text{ kN}$$

$\phi V_c > V_u \rightarrow$ aman terhadap geser

Setelah dilakukan perhitungan dengan program, maka hasilnya akan dibandingkan. Berikut adalah perbandingan hasil kedua cara tersebut :

	Manual	Program
Dimensi		
L	2,1 m	2,1 m
B	1 m	1 m
h	0,9 m	0,9 m
Tegangan ultimit		
q_u	314,286 kN/m ²	314,286 kN/m ²
Geser		
V_u	0 kN	0 kN
ϕV_c	670,820 kN	670,820 kN
Lentur		
M_u	149,384 kNm	149,384 kNm

- Rencanakan pondasi beton bertulang untuk menopang dinding blok beton (bataco) tebal 300 mm. Beban kerja terdiri dari beban mati (sudah termasuk berat sendiri) 145 kN/m' dan beban hidup 300 kN/m'. $f_c' = 20\text{MPa}$, $f_y = 300\text{MPa}$, berat tanah 15,7 kN/m³, tekanan tanah ijin 240 kPa. Dasar pondasi terletak pada kedalaman 1,5 m dari permukaan tanah.

Penyelesaian :

Misal h pondasi = 200 mm, maka:

Berat pondasi = $0,2 \times 23 = 4,6 \text{ kN/m}^2$

$$\begin{aligned} \text{Berat tanah} &= 1,3 \times 15,7 = 20,41 \text{ kN/m}^2 \\ \text{qnetto} &= 240 - 4,6 - 20,41 = 214,99 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Jadi Aperl} &= \frac{145 + 300}{214,99} = 2,07 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Karena pondasi ditinjau per 1m, maka ukuran pondasi dicoba: $(2,1 \times 1) \text{ m}^2 = 2,1 \text{ m}^2$

Pembebanan :

$$\begin{aligned} \text{Pondasi} &= 2,1 \times 1 \times 0,2 \times 23 &= 9,66 \text{ kN} \\ \text{Tanah} &= (2,1 \times 1 - 0,3 \times 1) \times 1,3 \times 15,7 &= 36,738 \text{ kN} \\ \text{Beban kerja} &= 145 + 300 &= 445 \text{ kN} \\ \text{P} &= 491,398 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tegangan tanah pada dasar pondasi :

$$\begin{aligned} q_{\text{max/min}} &= \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} \leq q_a = 250 \text{ kN/m}^2 \\ q_{\text{max/min}} &= \frac{491,398}{2,1 \times 1} = 233,999 \text{ kN/m}^2 < q_a \end{aligned}$$

setelah dimensi diperoleh, maka kekuatan pondasi akan diperiksa sbb :

Tegangan tanah ultimit (q_u)

$$\text{Beban kerja terfaktor} = 1,2 \times 145 + 1,6 \times 300 = 654 \text{ kN}$$

$$q_u = \frac{P_u}{A} = \frac{654}{2,1 \times 1} = 311,429 \text{ kN/m}^2$$

Geser

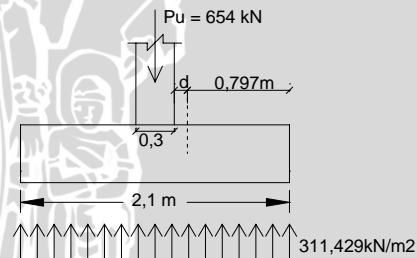
Direncanakan menggunakan tulangan $\phi 22$, maka $d = 200 - 75 - 22 = 103 \text{ mm}$

$$V_u = 311,429 \times 1 \times 0,797 = 248,209 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \right) \cdot b_w \cdot d \\ &= \left(\frac{1}{6} \sqrt{20} \right) \cdot 1000 \cdot 103 = 76,772 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 76,772 = 57,579 \text{ kN}$$

$\phi V_c < V_u \rightarrow$ tidak aman terhadap geser



maka tebal pondasi akan diperbesar. Hal ini berpengaruh terhadap perhitungan-perhitungan sebelumnya. Setelah melalui proses coba-coba dan penyesuaian diperoleh data-data sebagai berikut :

$$h = 450 \text{ mm} = 0,45 \text{ m}$$

$$\text{dimensi pondasi} = 2,1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

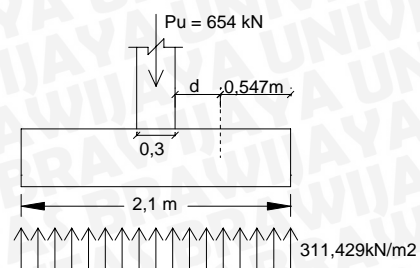
$$\text{Tegangan tanah pada dasar pondasi, } q_{\text{max/min}} = 236,385 < q_a = 240 \text{ kPa}$$

Tegangan tanah ultimit

$$q_u = \frac{P_u}{A} = \frac{654}{2,1 \times 1} = 311,429 \text{ kN/m}^2$$

$$d = 450 - 75 - 22 = 353 \text{ mm}$$

Geser



$$V_u = 311,429 \times 1 \times 0,547 = 170,352 \text{ kN}$$

$$V_c = \left(\frac{1}{6}\sqrt{f_c'}\right) \cdot b_w \cdot d$$

$$= \left(\frac{1}{6}\sqrt{20}\right) \cdot 1000 \cdot 353 = 263,111 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 263,111 = 197,333 \text{ kN}$$

$\phi V_c > V_u \rightarrow$ aman terhadap geser

Lentur

$$M_u = 311,429 \times \frac{1}{2} \times (0,9)^2 \times 1 = 126,129 \text{ kNm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{300}{0,85 \cdot 20} = 17,647$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,0047$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y}\right) = \frac{0,85 \cdot 20 \cdot 0,85}{300} \left(\frac{600}{600 + 300}\right) = 0,0321$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_{\text{bal}} = 0,75 \times 0,0321 = 0,0241$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{M_u}{0,8 \cdot b \cdot d^2} = \frac{126,129 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 353^2} = 1,265 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}}\right) = \frac{1}{17,647} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 17,647 \cdot 1,265}{300}}\right) = 0,0044$$

diperoleh $\rho < \rho_{\min}$, maka digunakan $\rho_{\min} = 0,0047$

$$A_s = 0,0047 \times 1000 \times 353 = 1659,1 \text{ mm}^2$$

Penulangan lentur digunakan tulangan baja 5 ϕ 22 ($A_s = 1900,66 \text{ mm}^2$)

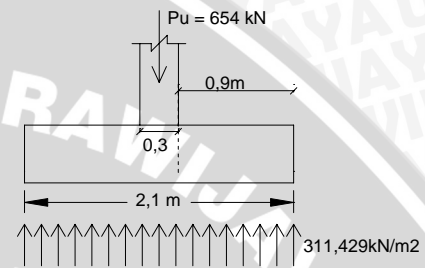
Tulangan pembagi dan tulangan susut

$$A_s = 0,0020 \times 2100 \times 450 = 1890 \text{ mm}^2$$

Gunakan tulangan baja 5 ϕ 22 ($A_s = 1900,66 \text{ mm}^2$)

Berikut adalah perbandingan hasil kedua cara tersebut :

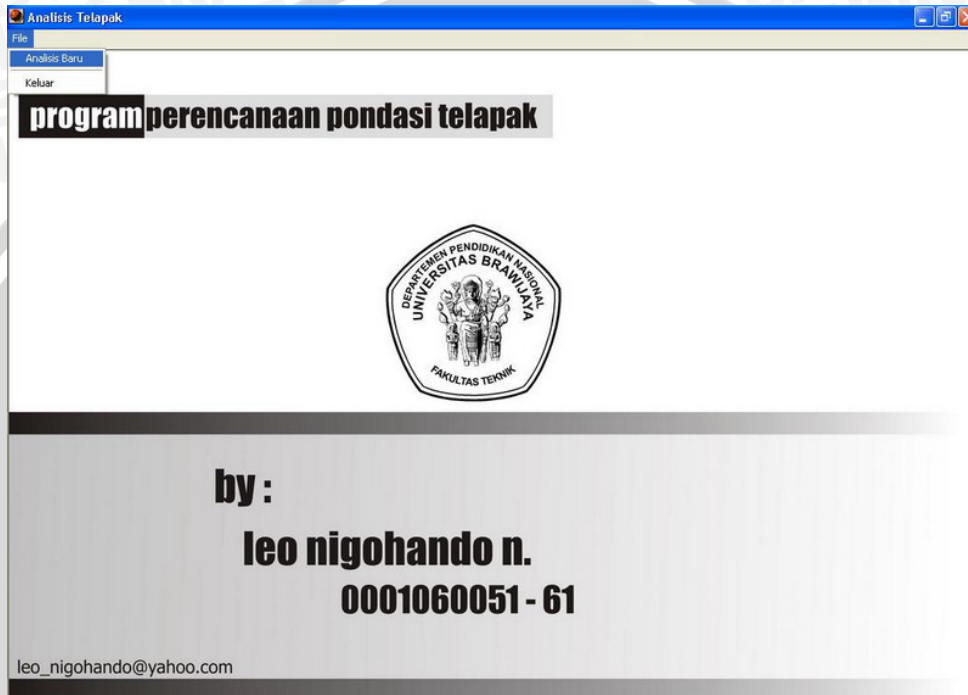
	Manual	Program
Dimensi		
L	2,1 m	2,1 m
B	1 m	1 m
h	0,45 m	0,45 m
Tegangan ultimit		
qu	311,429 kN/m ²	311,429 kN/m ²
Geser		
Vu	170,352 kN	170,351 kN
ϕV_c	197,333 kN	197,333 kN
Lentur		
Mu	126,129 kNm	126,129 kNm
Asperlu	1659,1 mm ²	1647,333 mm ²
Tulangan lentur	5 ϕ 22	5 ϕ 22
Tulangan bagi	5 ϕ 22	5 ϕ 22



4.4 Petunjuk Penggunaan Program

Berikut ini adalah penjelasan dari cara menjalankan program perencanaan pondasi telapak.

1. Buka program terlebih dahulu dengan meng-klik Pondasi Telapak.exe
2. Setelah program terbuka, untuk memulai pilih menu “Analisis Baru”



gambar 4.16 : Menu pilihan Analisis Baru

3. Tentukan jenis aplikasi yang akan dijalankan dan satuan yang akan digunakan.

gambar 4.17 : Form untuk pilihan jenis perencanaan dan satuan

- Setelah menentukan jenis perencanaan maka masukkan input data yang dibutuhkan.

Karakteristik

Beton

fc' pondasi: 17.5 MPa
 Berat jenis, γ : 2400 kg/m³
 Selimut beton, c: 0.075 m
 Penampang pondasi: Bujur sangkar

fc' kolom: 30 MPa
 Penampang kolom: Bujur sangkar
 c1: 0.3 m

Baja

Kuat leleh, fy: 220 MPa
 Tulangan: ϕ 19 mm

Tanah

Berat jenis: 1600 kg/m³
 Tegangan ijin, qa: 0.15 MPa
 Kedalaman, D: 1.7 m

Beban kerja

Keterangan Gambar

< Ulangi Lanjut >

gambar 4.18 : Form untuk memasukkan input data

- Setelah input data dimasukkan, klik *command* Proses sehingga program akan melangsungkan perhitungan dan setelah selesai akan muncul form Report.

Report Pondasi Telapak Setempat

Input

Beton

fc' (pondasi): 17.5 MPa
 γ beton: 2400 kg/m³
 cover: 0.075 m
 Penampang pondasi: Bujur sangkar

fc' (kolom): 30 MPa
 Penampang kolom: Bujur sangkar
 c1 = c2: 0.3 m

Baja

fy: 220 MPa
 Tulangan: ϕ 19 mm

Tanah

γ tanah: 1600 kg/m³
 Tegangan ijin tanah: 0.15 MPa
 Kedalaman: 1.7 m

Beban kerja

Horizontal

Mati: 0 kg
 Hidup: 0 kg
 Jarak: 0 m

Aksial

Mati: 11000 kg
 Hidup: 8500 kg

Momen

Mati: 0 kg m
 Hidup: 6562.5 kg m

Output

Beban ultimit

Pu: 26800
 Mu: 10500

Dimensi

B: 1.9
 L: 1.9
 h: 0.35

Tegangan ultimit

qu max: 0.1652
 qu min: 0.0000

Analisis geser satu arah

d efektif: 0.256
 Vu: 14583.77
 ϕ Vc: 25935.94

Analisis geser dua arah

bo: 2.224
 Vu: 44443.02
 ϕ Vc: 60717.39

Analisis lentur

Mu: 8611.306
 ρ min: 0.0064
 ρ max: 0.0315
 ρ : 0.0040
 As perlu: 3095.273
 Tulangan: 11 ϕ 19
 As tersedia: 3118.816

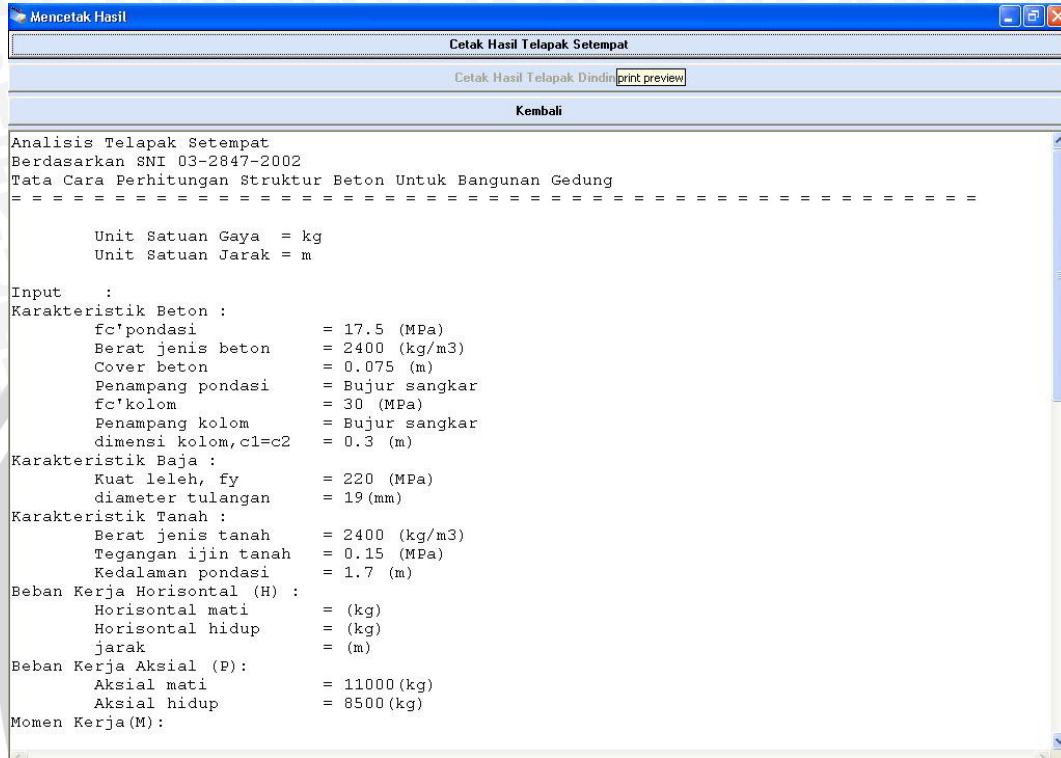
Penyaluran kuat tumpu

Kuat tumpuan pondasi: 191120.3
 Kuat tumpuan kolom: 163817.4
 As perlu: 450
 Tulangan: 4 ϕ 12
 As tersedia: 452.3893
 Panjang penyaluran: 0.2

Cetak Analisis Baru ? Selesai

gambar 4.19 : Form Report dari perhitungan program

- Untuk mencetak hasil perhitungan maka klik *command* Cetak. Lalu tentukan jenis aplikasi yang akan dicetak. Setelah selesai klik close untuk mengakhiri program.



gambar 4.19 : Form Mencetak hasil perhitungan program



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari proses pengerjaan skripsi ini maka dapat diambil kesimpulan bahwa, dengan membuat program terhadap analisis perencanaan pondasi telapak maka akan didapatkan hasil pemecahan perhitungan yang cepat, akurat, dan lebih efektif. Besarnya pengaruh tegangan tanah, geser, dan lentur yang bekerja pada pondasi telapak dapat diketahui dengan sangat cepat sehingga dapat diperkirakan pendekatan untuk menentukan dimensi pondasi telapak tersebut (B, L, dan h). Sehingga diharapkan pondasi telapak akan aman terhadap bahaya kegagalan konstruksi yang menyebabkan hancurnya struktur.

Pada dasarnya proses analisis perencanaan pondasi telapak dapat dilakukan secara manual berdasarkan rumus-rumus perhitungan yang telah tersedia seperti dalam pembahasan sebelumnya, namun proses akan membutuhkan waktu yang tidak sedikit dan tingkat ketelitian yang cukup tinggi terutama dalam proses yang melibatkan metode coba-coba dan penyesuaian untuk menentukan dimensi pondasi telapak.

Jika dibandingkan dengan hasil perhitungan manual, output dari program terdapat sedikit perbedaan yang disebabkan oleh faktor pembulatan angka. Hal ini tidak berpengaruh terhadap keamanan pondasi karena perbedaan tersebut sangatlah kecil.

5.2 Saran

Dengan mempertimbangkan manfaat dari penyusunan program ini, maka diharapkan skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat terus dikembangkan ataupun disempurnakan lebih lanjut sehingga dapat mengembangkan kemampuan mahasiswa baik di bidang keteknik-sipil dan juga dalam pembuatan program.

SKRIPSI

**PEMBUATAN PROGRAM PERENCANAAN PONDASI TELAPAK
BERDASARKAN SNI-03-2847-2002 TATA CARA PERHITUNGAN
STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG**



Disusun Oleh :

LEO NIGOHANDO N

0001060051 - 61

**JURUSAN SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

□ Latar Belakang

- Pondasi merupakan komponen struktur yang terletak paling bawah berfungsi meneruskan beban-beban dari *upper structure* ke lapisan tanah pendukungnya
- Perencanaan dengan metode coba-coba dan penyesuaian
- Perkembangan teknologi komputer sebagai alternatif solusi

□ Identifikasi Masalah

- Diperlukan alat bantu software perencanaan pondasi yang praktis untuk digunakan
- Software yang menggunakan standarisasi Indonesia (SNI-03-2847-2002)

□ Batasan Masalah

- Jenis Pondasi Dangkal, yaitu Pondasi Telapak Setempat dan Telapak Dinding
- Proses Analisa meliputi : Tegangan Ijin Tanah, Kuat Geser, Kuat Lentur, dan Penulangan
- Menggunakan Visual Basic 6.0
- Tidak ditinjau terhadap aspek Geoteknik
- Dasar teori mengacu pada SNI-03-2847-2002

□ Perumusan Masalah

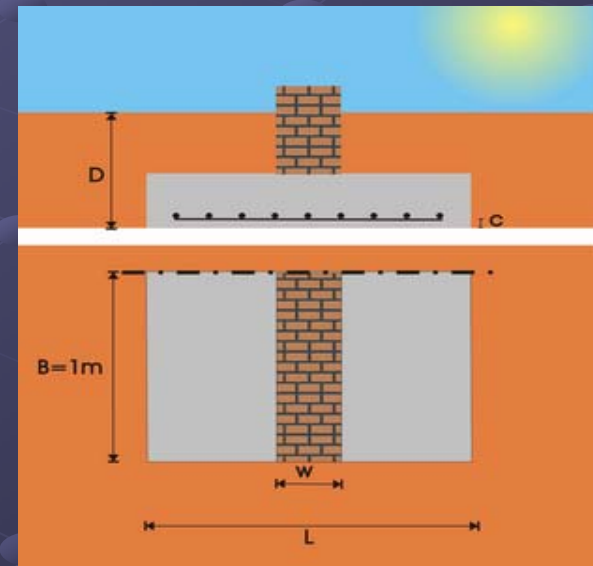
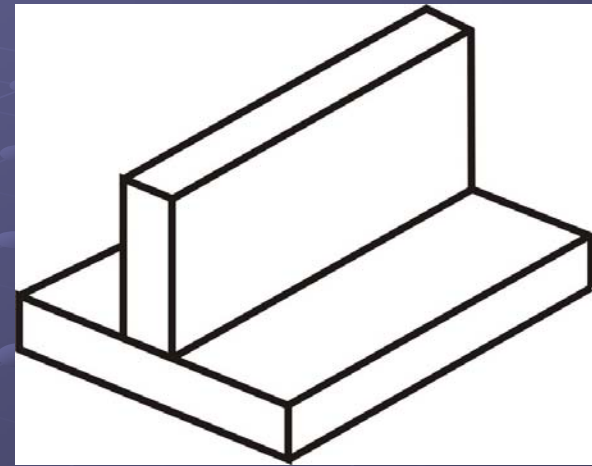
- Bagaimana menyelesaikan perencanaan pondasi secara mudah, cepat dan tepat?
- Bagaimana menyusun sebuah program yang mudah digunakan?

❑ Tujuan dan Manfaat Skripsi

- Bertujuan untuk membuat sebuah program aplikasi yang dapat menyelesaikan perencanaan pondasi telapak
- Bermanfaat untuk meningkatkan kemampuan dalam penyusunan sebuah program yang menggunakan Visual Basic

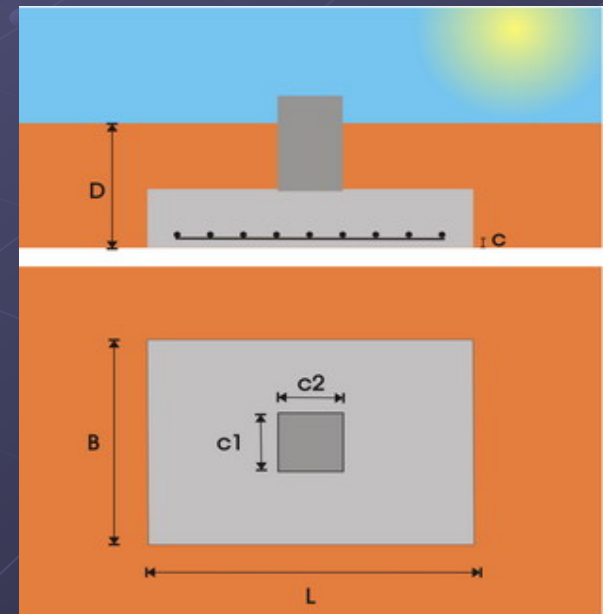
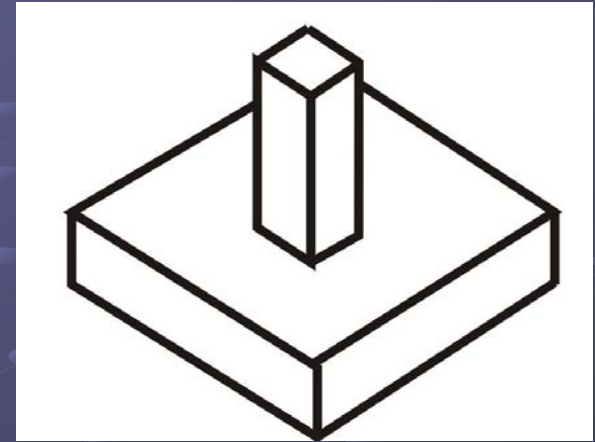
Pondasi Telapak Dinding (*Wall Footing*)

- Merupakan pondasi yang terdiri atas jalur pelat di sepanjang dinding
- Dalam perencanaannya, diperhitungkan berpenampang persegi panjang dan ditinjau persegmen 1 meter



Pondasi Telapak Setempat (*Isolated Footing*)

- Merupakan pondasi yang terdiri atas pelat yang menahan sebuah kolom
- Pelat dapat berbentuk bujur sangkar atau persegi panjang apabila terdapat pembatasan ruang



Faktor-Faktor yang berpengaruh dalam desain telapak :

1. Tegangan Tanah

Luas penampang telapak dihitung berdasarkan tegangan ijin tanah dengan menggunakan beban kerja (*Unfactored Loads*)

$$Area = \frac{P_D + P_L}{q_{netto}}$$

Setelah A diperoleh, maka Tegangan tanah < Tegangan ijin tanah
Jika tidak maka A harus diperbesar

$$q_{\max/\min} = \frac{P_D + P_L}{A} < q_a$$

2. Kuat Geser

Perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada :

$$\phi V_n \geq V_u \quad (\text{SNI-03-2847-2002})$$

dimana :

$$\phi = 0,75$$

V_n = kuat geser nominal (V_c+V_s)

V_u = kuat geser terfaktor

Dalam perhitungan gaya ultimit, maka digunakan beban-beban terfaktor

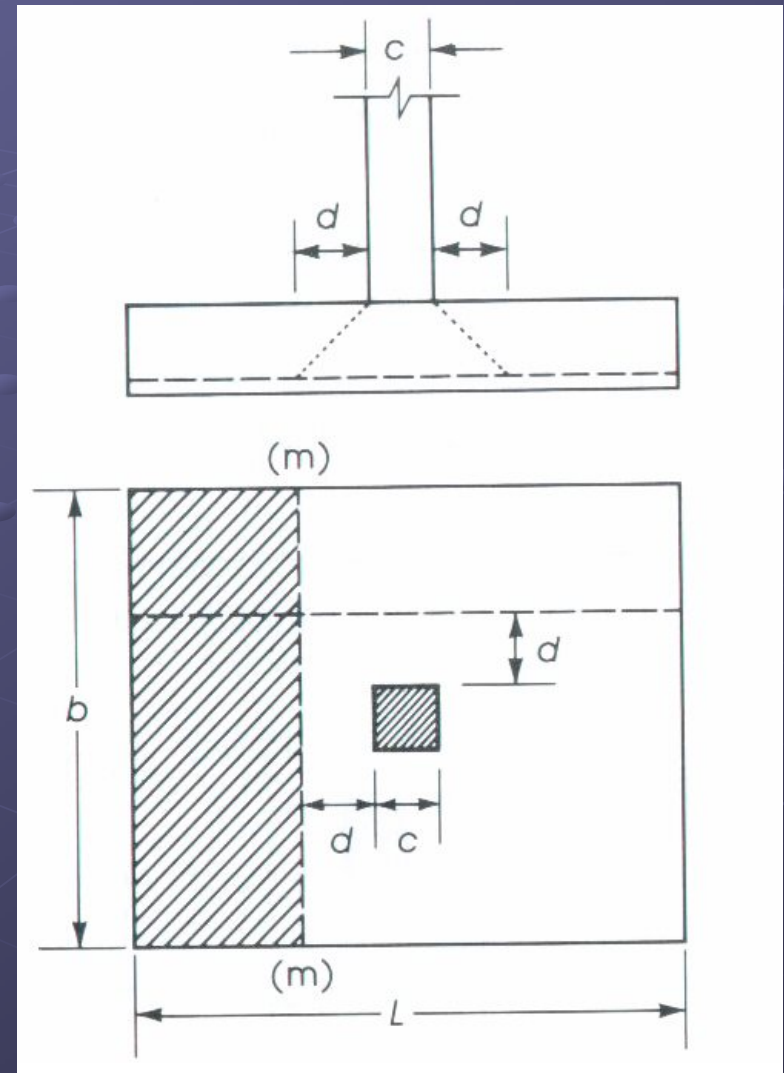
$$q_u = \frac{P_u}{A}$$

a) Geser satu arah (*Beam Action*)

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \right) \cdot B \cdot d$$

Dimana Gaya geser ultimit pada pot.m-m (daerah kritis) diperoleh dari:

$$V_u = q_u B \left(\frac{L}{2} - \frac{c}{2} - d \right)$$



- **b) Geser dua arah (*Punching Shear*)**

V_c merupakan nilai terkecil dari :

$$1) \quad V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta c}\right) \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{6}$$

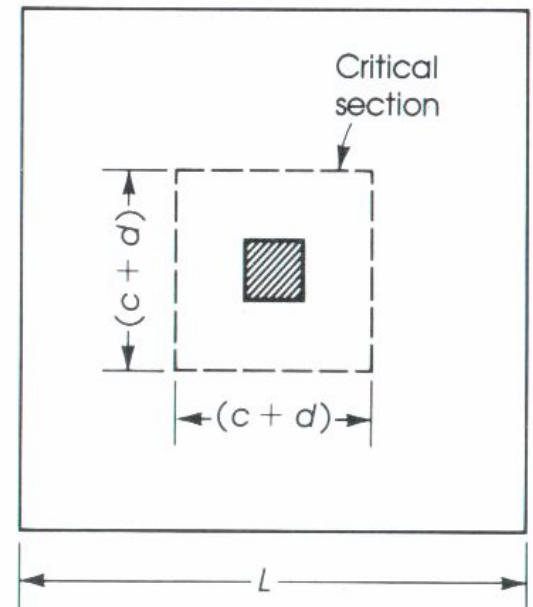
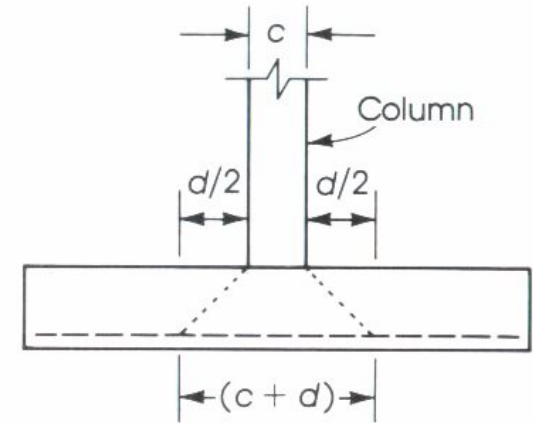
$$2) \quad V_c = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{12}$$

$$3) \quad V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana $b_o = 4(c+d)$

Gaya geser ultimit pada daerah kritis diperoleh dari:

$$V_u = q_u \left((B \cdot L) - (c + d)^2 \right)$$



3. Kuat Lentur dan Penulangan

Momen lentur ditinjau pada masing-masing arah (memanjang dan lebar), sehingga kebutuhan penulangan dapat terpenuhi

Momen lentur diperoleh dari perhitungan momen rencana akibat gaya-gaya yang bekerja di seluruh luas pondasi pada satu sisi vertikal yang dianggap melalui pondasi

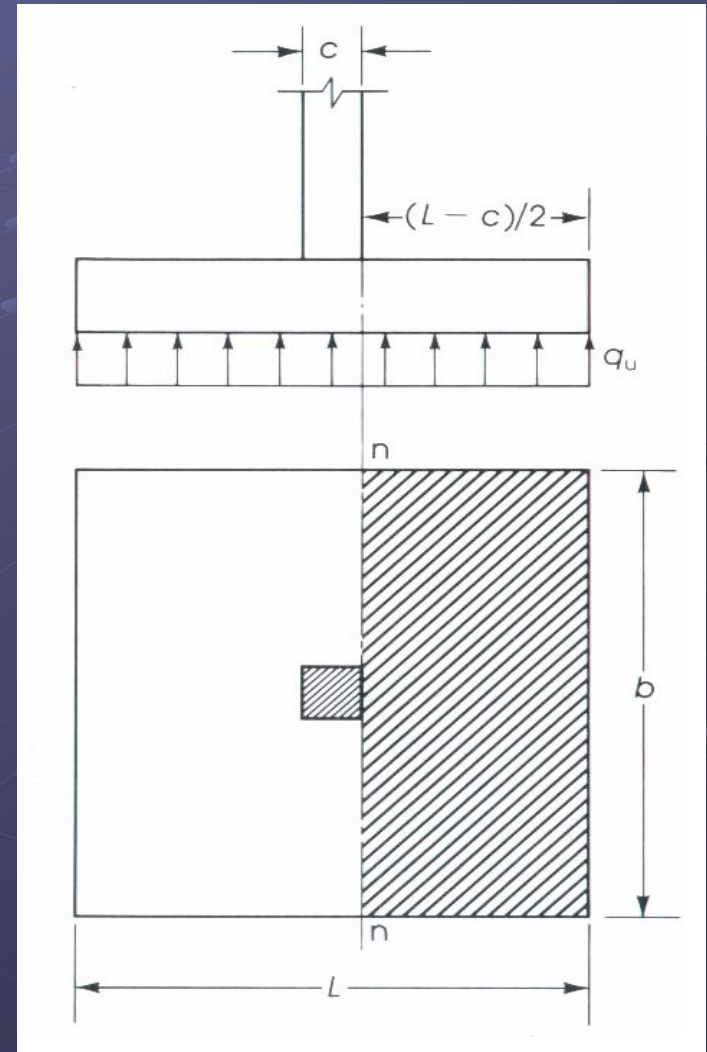
Perhitungan kebutuhan penulangan:

$A_s = \rho b d$,dimana :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

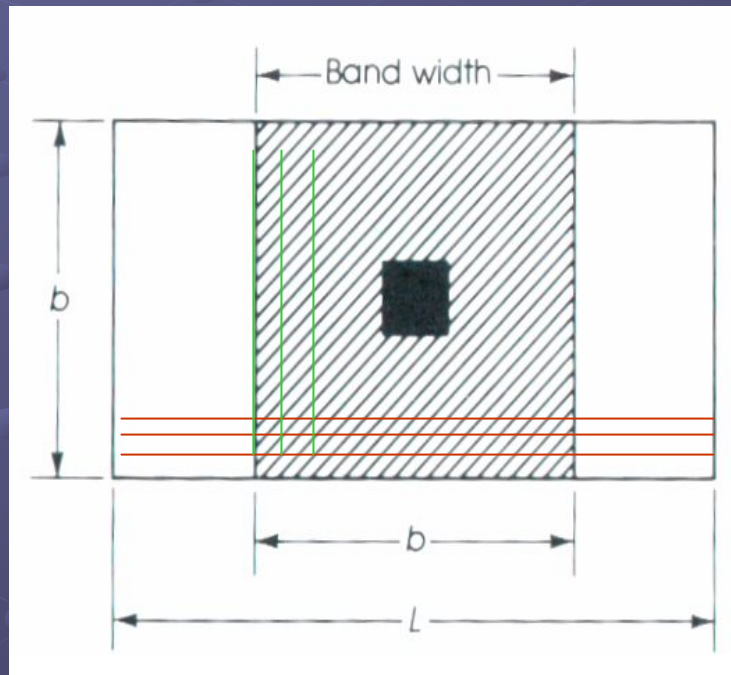
$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{Mu}{0,8 \cdot b \cdot d^2}$$



Distribusi tulangan pada telapak persegi panjang :

- Tulangan arah memanjang disebar merata
- Tulangan arah lebar sebagian dipasang direntang tengah yang panjangnya sama dengan lebar



Pelimpahan beban dari kolom ke pondasi

Semua beban yang disangga kolom dilimpahkan berupa desakan dari beton dan tulangan baja melalui bidang singgung tumpuan beton.

- Kuat tumpuan bidang singgung antara kolom dengan pondasi tidak lebih besar dari :

$$\phi \ 0,85 \ f_c' \ A_1$$

- Kuat tumpuan untuk bidang yang bertumpu tidak lebih besar dari :

$$\phi \ (\ 0,85 \ f_c' \ A_1) \ 2$$

Penulangan Pasak (*Dowel*)

As perlu = 0,005 Ag

Panjang penyaluran dasar dowel ke dalam pondasi :

$$l_{db} = \frac{d_b \cdot f_y}{4 \sqrt{f_c'}}$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$l_{db} = 0,04 \ d_b \cdot f_y$$

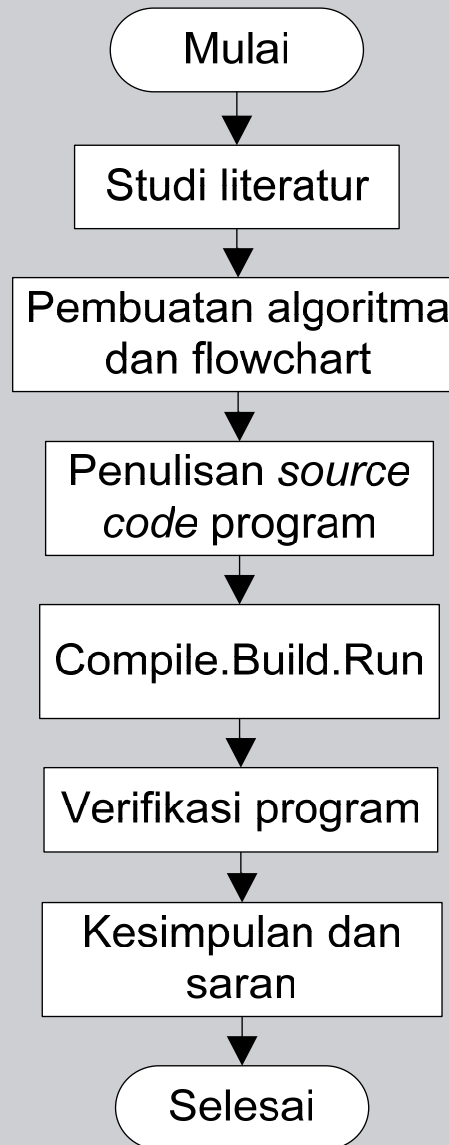
Microsoft Visual Basic

adalah salah satu bahasa pemrograman komputer, yang mendukung pemrograman berorientasi objek (*Object Oriented Programming-OOP*)

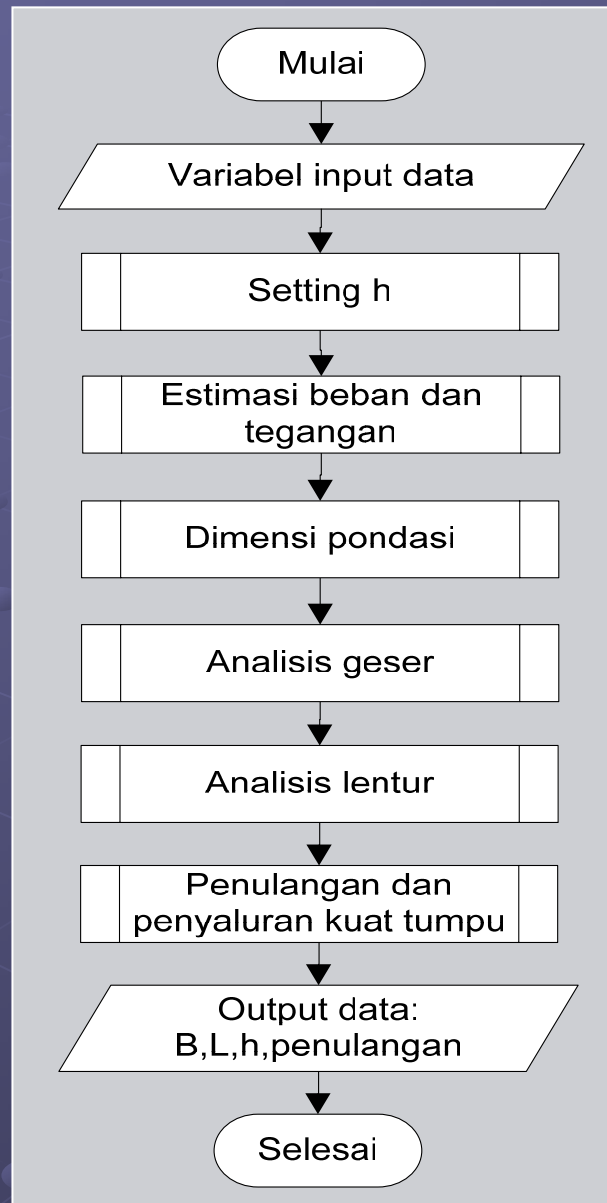
3 langkah utama pembuatan program :

1. Mengatur atau menyusun objek-objek pada bidang yang disebut dengan *Form*
2. Menentukan isi dari properti pada masing-masing objek sesuai dengan kebutuhan untuk mengontrol program
3. Menuliskan kode program pada kontrol yang dimaksud

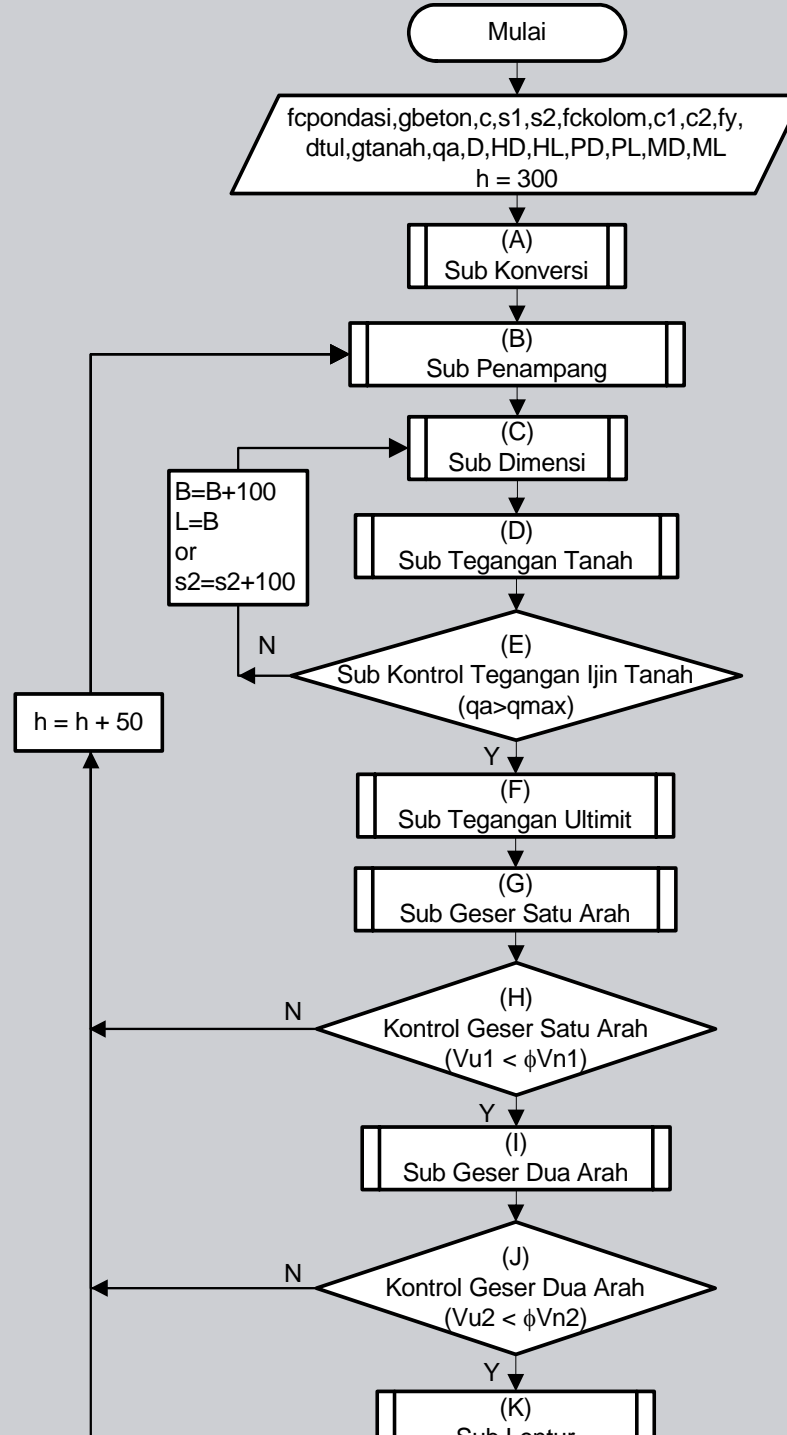
Prosedur Penyelesaian Studi



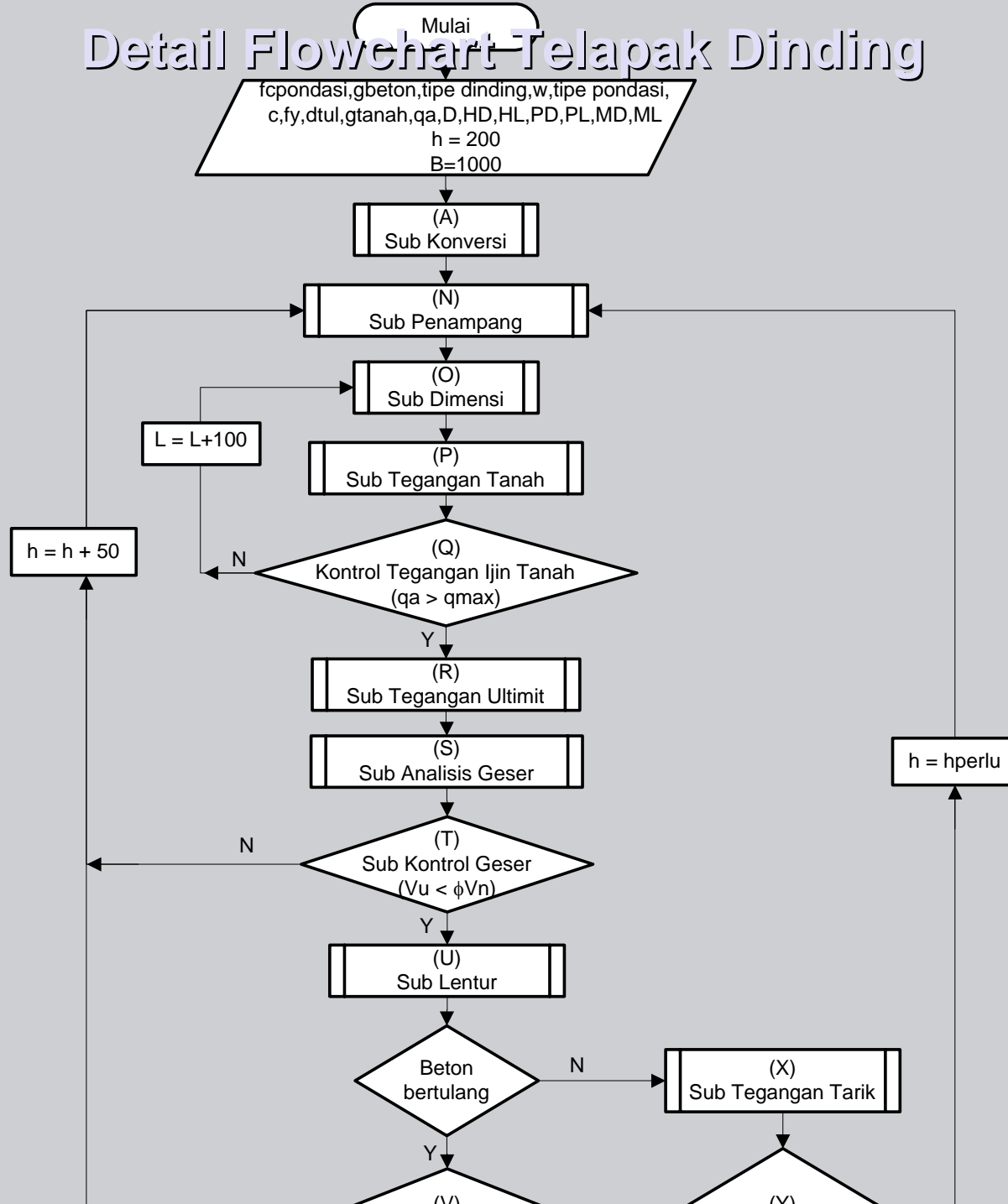
Prosedur Perencanaan Telapak



D



Detail Flowchart Telapak Dinding



□ Kesimpulan

- Dengan membuat program perencanaan pondasi telapak, maka diperoleh hasil perhitungan dengan cepat, akurat, dan praktis
- Perbedaan hasil antara perhitungan secara manual dengan output program diakibatkan oleh pembulatan harga tetapi tidak sampai membahayakan keamanan pondasi

□ Saran

- Hendaknya dilakukan pengembangan terhadap program karena terbatasnya fasilitas yang ada sehingga dapat bermanfaat untuk semua pihak