

PENGEMBANGAN APLIKASI ANALISIS PENAMPANG BETON BERTULANG BERBASIS ANDROID

ANDROID BASED APPLICATION DEVELOPMENT OF REINFORCED CONCRETE SECTION

Prio Handoko^{*1}, Agus Setiawan², Hendi Hermawan³

*Email: prio.handoko@upj.ac.id

^{1,3}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pembangunan Jaya

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Jaya

Abstrak— Penelitian ini memiliki tujuan untuk menyediakan aplikasi berbasis Android untuk perancangan struktur beton bertulang yang hingga saat ini belum tersedia di Indonesia. Aplikasi ini sangat bermanfaat bagi seorang ahli di bidang Teknik Sipil khususnya di bidang Rekayasa Struktur, karena dapat membantu dalam melaksanakan tugasnya merencanakan suatu struktur beton bertulang. Aplikasi berbasis android yang dikembangkan diharapkan memiliki kemampuan untuk melakukan analisis dan desain lentur dari penampang beton bertulang yang berbentuk persegi. Standar acuan yang digunakan dalam analisis dan desain penampang beton bertulang tersebut adalah SNI 2847:2013 “Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung”, yang merupakan standar perencanaan beton bertulang yang terbaru. Aplikasi yang dikembangkan diberi nama ConBeam1 telah dapat digunakan dengan baik dan akurat, untuk keperluan analisis terdapat kesalahan relatif sebesar 0,03% terhadap hasil perhitungan manual.

Kata kunci — Perancangan, struktur beton bertulang, aplikasi android, teknik sipil.

Abstract— This study has the objective to provide Android based applications for the design of reinforced concrete structures, which until now has not been available in Indonesia. This application is very useful for an expert in the field of civil engineering, especially in the field of Structural Engineering, as it can help in carrying out their duties to design reinforced concrete structure. Android based applications being developed are expected to have the ability to perform analysis and design of rectangular beam reinforced concrete. The standard reference used in the analysis and design of reinforced concrete beam is SNI 2847: 2013 "Requirements for Structural Concrete Building", which is a the standard of reinforced concrete structure. The application named ConBeam1 has been used properly and accurately, for the purposes of analysis there is a relative error of 0.03% against the results of manual calculations.

Keywords — Design, reinforced concrete structure, android application, civil engineering.

I. PENDAHULUAN

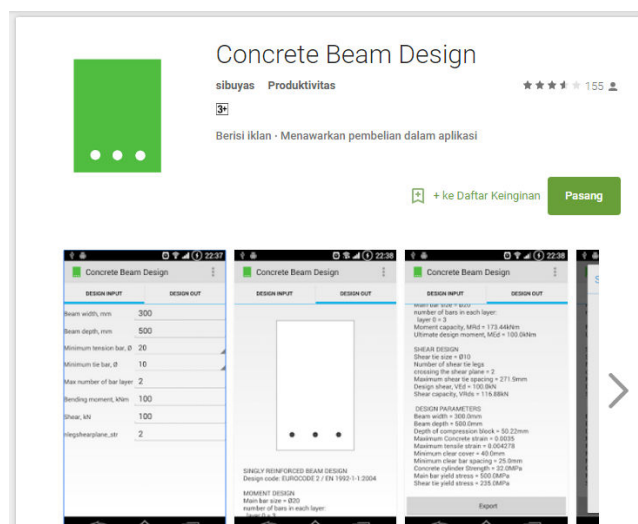
Perkembangan teknologi informasi yang cepat memberikan berbagai kemudahan bagi setiap orang dalam melaksanakan tugas ataupun pekerjaannya. Terutama dengan hadirnya berbagai macam aplikasi yang dapat digunakan pada perangkat smartphone. Kementerian Komunikasi dan Informatika (KOMINFO) dalam sebuah artikelnya menjelaskan bahwa menurut lembaga riset digital marketing Emarketer memperkirakan pada 2018 jumlah pengguna aktif smartphone di Indonesia leboh dari 100 juta orang [1]. Tingkat penetrasi Internet di Indonesia bahkan kalah jauh dibanding negara-

negara Asia Tenggara, seperti Vietnam (43%), Filipina (39 %), Malaysia (40%), dan Singapura (81%) [1]. Berbagai aplikasi baik gratis maupun berbayar melalui smartphone membuat penggunaan aplikasi piranti lunak/software melalui perangkat personal computer/PC mulai ditinggalkan.

Para pelaku di bidang jasa konstruksi juga merupakan sebagian dari pengguna smartphone. Efektifitas waktu dalam pelaksanaan kegiatan di bidang konstruksi akan dapat sangat terbantu dengan penggunaan aplikasi-aplikasi pada smartphone. Perencanaan struktur beton bertulang merupakan salah satu pelaku di bidang konstruksi juga sangat

membutuhkan suatu aplikasi yang dapat digunakan secara praktis untuk membantu melaksanakan tugas atau pekerjaannya. Dari latar belakang tersebut maka perlu dikembangkan suatu aplikasi berbasis android, yang memiliki kemampuan analisis dan desain penampang beton bertulang. Hal yang kemudian menjadi dasar pengembangan aplikasi ini adalah bahwa hingga saat ini belum adanya aplikasi perhitungan beton bertulang yang dapat digunakan secara praktis oleh para pelaku di bidang konstruksi beton bertulang. Aplikasi sejenis yang ada, tidak menggunakan acuan SNI 2847:2013 seperti yang digunakan dalam aplikasi yang dikembangkan dan dibahas dalam paper ini.

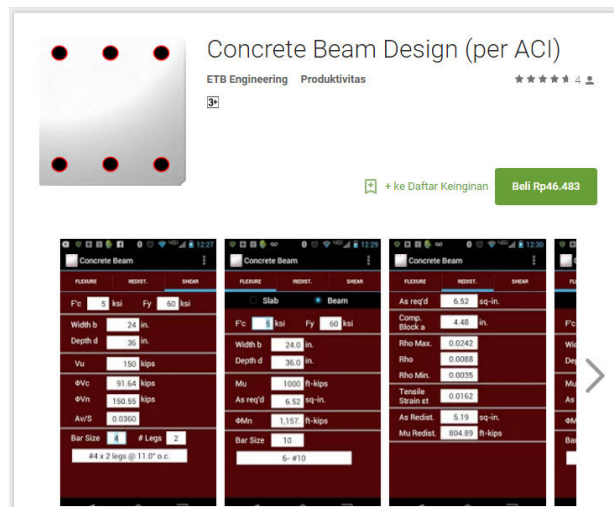
Beberapa aplikasi sejenis telah dikembangkan juga sebelumnya, seperti aplikasi *Concrete Beam Design*, lihat Gambar-1, yang menggunakan standar Eurocode 2.



Gambar-1. Aplikasi *concrete beam design*.

Aplikasi lain yang juga dapat dijumpai adalah *Concrete Beam Design per ACI*, lihat gambar-2, yang menggunakan standar ACI (*American Concrete Institute*) namun dengan sistem satuan British.

Kedua contoh aplikasi di atas tidak mengacu pada standar perencanaan struktur beton di Indonesia yakni SNI 2847:2013, oleh karena itu perlu dikembangkan suatu aplikasi perhitungan beton bertulang yang dapat dipakai di Indonesia. Dengan adanya aplikasi berbasis android dan mengacu kepada SNI 2847:2013 ini maka akan memudahkan seorang perencana struktur untuk melakukan perhitungan-perhitungan praktis di lapangan khususnya di Indonesia tanpa perlu menghadapi laptop ataupun *personal computer*.



Gambar-2. Aplikasi *Concrete Beam Design per ACI*

Penelitian yang dituangkan dalam bentuk paper ini secara khusus memiliki tujuan untuk, pertama, mengembangkan aplikasi berbasis android untuk keperluan analisis dan desain lentur dari penampang struktur beton bertulang. Pemilihan *platform* android dan bukan desktop didasarkan pada tujuan agar nantinya dapat digunakan secara luas oleh masyarakat, baik kalangan mahasiswa sebagai media bantu pembelajaran dan/atau kalangan praktisi yang berada di lapangan secara langsung dengan lebih sederhana. Aplikasi ini dapat digunakan di mana saja, kapan saja dan di kondisi apa pun. Tujuan lainnya adalah mengembangkan media pembelajaran pada mata kuliah struktur beton bertulang, dan menambah keragaman perangkat lunak berbasis Android khususnya di bidang Teknik Sipil dan Teknik Informatika.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sejalan dengan kebutuhan pengembangan yang akan dilakukan, beberapa referensi digunakan untuk dapat mendukung terlaksananya penelitian lebih lanjut. Referensi yang dijadikan acuan dalam pengembangan aplikasi ini didapatkan dari 3 sumber, (1) referensi yang berasal dari penelitian-penelitian sejenis sebelumnya, (2) referensi teoritis yang berkenaan dengan perancangan struktur beton bertulang, dan (3) referensi yang digunakan dalam pengembangan aplikasi.

Sebuah penelitian pengembangan aplikasi *mobile* sistem informasi transportasi umum yang diimplementasikan di kota Surakarta [2]. Pada penelitian tersebut, Ramos dan Feldy mengangkat penggunaan *framework Sencha Touch* sebagai kerangka kerja pengembangan yang khusus

digunakan membuat aplikasi bergerak berbasis *web mobile* (HTML5) untuk perangkat *screentouch* atau perangkat yang mendukung layar sentuh. *Sencha Touch* sebagai sebuah model pengembangan *web* yang mendukung bahasa pemrograman *web* standar seperti HTML5, CSS, dan Javascript.

Aplikasi yang dikembangkan dapat dioperasikan pada beberapa sistem operasi, seperti IOS dan Android. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Wahyudi [3] mengembangkan sebuah aplikasi berbasis *augmented reality* yang bertujuan untuk mengembangkan sebuah buku interaktif bagi pelajar yang memungkinkan untuk berinteraksi dan tertarik dengan konten buku karena ditampilkan dalam bentuk 3 Dimensi (3D).

Aplikasi ini diterapkan pada perangkat *smartphone* dengan *platform* Android menggunakan Vuforia SDK yang memungkinkan untuk membuat aplikasi holografik yang dapat mengenali hal-hal tertentu di lingkungan sehingga dapat melampirkan pengalaman mereka.

Penelitian berikutnya yang berkenaan dengan pengembangan aplikasi berbasis Android adalah penelitian aplikasi *mobile* menggunakan *platform PhoneGap* guna pencatatan servis mobil pada PT. Armada International Motor dalam kaitannya dengan komitmen pimpinan perusahaan untuk meningkatkan layanan kepada pelanggannya dengan memanfaatkan teknologi [4].

Penggunaan *PhoneGap* dipilih karena merupakan *framework* yang *multiplatform*. *PhoneGap* menggunakan *library* Javascript. *Library* cordova.js adalah *library* utama dari *PhoneGap*. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam aplikasi *PhoneGap* adalah HTML5, Javascript, dan CSS.

A. Struktur Beton Bertulang

Material beton merupakan material komposit yang merupakan campuran antara semen, pasir, kerikil dan air. Struktur beton bertulang merupakan suatu struktur komposit antara material beton dan tulangan baja.

Proses desain suatu balok beton bertulang dengan metode kekuatan (*Strength Design Method*) atau yang dikenal pula dengan metode *ultimit*, mengambil beberapa asumsi berikut [5][6].

1. Regangan yang terjadi pada beton dan tulangan baja adalah sama, dengan anggapan terbentuk lekatan yang cukup antara tulangan baja dan beton;

2. Regangan pada beton berbanding lurus terhadap jaraknya ke sumbu netral penampang;
3. Nilai Modulus Elastisitas, E_s , tulangan baja dianggap sebesar 200.000 MPa, dan tegangan yang timbul pada tulangan baja dalam daerah elastis sama dengan nilai regangan dikalikan dengan E_s ;
4. Penampang datar akan tetap datar setelah terjadi lentur;
5. Kuat tarik dari beton diabaikan;
6. Pada kondisi keruntuhan regangan maksimum yang terjadi pada serat tekan beton terluar, besarnya adalah sama dengan 0,003; dan
7. Untuk perhitungan kuat rencana, bentuk dari distribusi tegangan tekan beton diasumsikan berupa persegi empat.

Beberapa bentuk penampang beton bertulang yang digunakan untuk memikul lentur pada umumnya berbentuk persegi maupun berbentuk T.

B. Analisis Penampang Balok Persegi Bertulangan Tunggal

Kondisi penampang balok persegi bertulangan tunggal yang mengalami lentur ditunjukkan dalam Gambar-3.

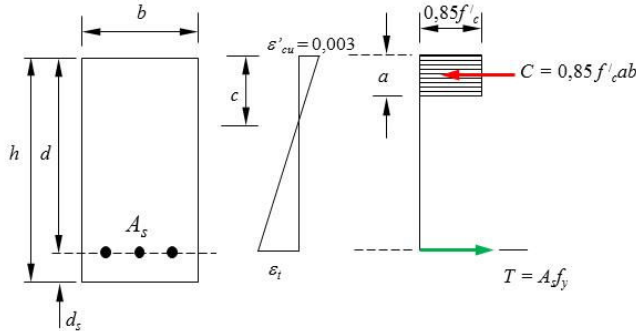
Untuk menyederhanakan proses analisis dan disain penampang beton, maka SNI 2847:2013 [5] mengijinkan untuk menggunakan distribusi blok tegangan ekuivalen berbentuk empat persegi panjang untuk perhitungan kuat lentur nominal.

Model blok tegangan tersebut sering juga dikenal sebagai Blok Tegangan Whitney[7][8], didefinisikan sebagai berikut.

1. Tegangan tekan merata sebesar $0,85f'_c$ diasumsikan terdistribusi merata pada daerah tekan ekuivalen yang dibatasi oleh tepi penampang dan suatu garis lurus yang sejajar sumbu netral sejarak $a = \beta_1 c$ dari serat beton yang mengalami regangan tekan maksimum;
2. Jarak c dari serat dengan regangan tekan maksimum ke sumbu netral harus diukur tegak lurus sumbu tersebut;
3. Faktor β_1 dapat dihitung sebagai berikut:
 - a. untuk kuat tekan beton, $f'_c \leq 28$ MPa:
$$\beta_1 = 0,85$$
 - b. untuk $28 \text{ MPa} < f'_c \leq 56 \text{ MPa}$
$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'_c - 28}{7}$$
 - c. Untuk $f'_c > 56 \text{ MPa}$ $\beta_1 = 0,65$

Gambar-3 menunjukkan penampang balok persegi beserta diagram regangan dan tegangan yang terjadi pada penampang.

Diagram alir untuk melakukan analisis dan desain penampang balok persegi bertulangan tunggal ditampilkan dalam Gambar-3.



Gambar-3. Penampang persegi bertulangan tunggal.

Nilai a diperoleh dari persamaan keseimbangan gaya dalam arah horizontal, $C = T$, sehingga diperoleh hubungan:

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} \quad (1)$$

Momen nominal internal yang timbul adalah:

$$\begin{aligned} M_n &= C(d - a/2) \\ &= 0,85 f'_c a b (d - a/2) \end{aligned} \quad (2)$$

Kapasitas lentur dari penampang, ϕM_n , diperoleh dari hasil kali faktor reduksi kekuatan, ϕ , dengan nilai momen nominal. Besarnya ϕ ditentukan berdasarkan regangan yang terjadi pada tulangan baja, ε_t , yang dihitung dengan persamaan (3).

$$\varepsilon_t = \left(\frac{d - c}{c} \right) 0,003 \quad (3)$$

Sedangkan nilai ϕ , untuk penampang dengan tulangan non spiral dihitung dengan persamaan (4).

$$\phi = 0,65 + (\varepsilon_t - 0,002) \left(\frac{250}{3} \right) \quad (4)$$

Diagram alir proses analisis balok beton bertulangan tunggal ditunjukkan pada Gambar-4.

C. Desain Penampang Balok Persegi Bertulangan Tunggal

Proses desain penampang merupakan kebalikan dari proses analisis. Jika dalam proses analisis, output yang diharapkan adalah berupa kapasitas dari penampang, maka dalam proses desain output yang diharapkan adalah berupa luas tulangan yang diperlukan (A_s). Berdasarkan persamaan (1) dan

persamaan (2) Nilai kuat lentur perlu dapat dituliskan menjadi persamaan (3) dan persamaan (4) [7][8].

$$\phi M_n = M_u = \phi A_s f_y \left(d - \frac{A_s \cdot f_y}{1,7 f'_c \cdot b} \right) \quad (3)$$

atau

$$\phi M_n = M_u = \phi \rho f_y b d^2 \left(1 - \frac{\rho f_y}{1,7 f'_c} \right) \quad (4)$$

Dengan :

- a : tinggi blok tegangan tekan balok (mm)
- b : lebar penampang balok (mm)
- c : tinggi garis netral penampang (mm)
- d : tinggi efektif penampang balok (mm)
- f_y : kuat leleh tulangan baja (MPa)
- f'_c : kuat tekan beton (MPa)
- ϕ : faktor reduksi kekuatan
- ρ : rasio luas tulangan tarik
- A_s : luas tulangan tarik (mm²)
- M_n : kuat lentur nominal (N.mm)
- M_u : kuat lentur perlu (N.mm)

Jika nilai b dan d sudah diberikan, nilai ρ dapat dihitung dengan memodifikasi persamaan (4) menjadi persamaan (5).

$$\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 M_u}{1,7 \phi f'_c b d^2}} \right] \quad (5)$$

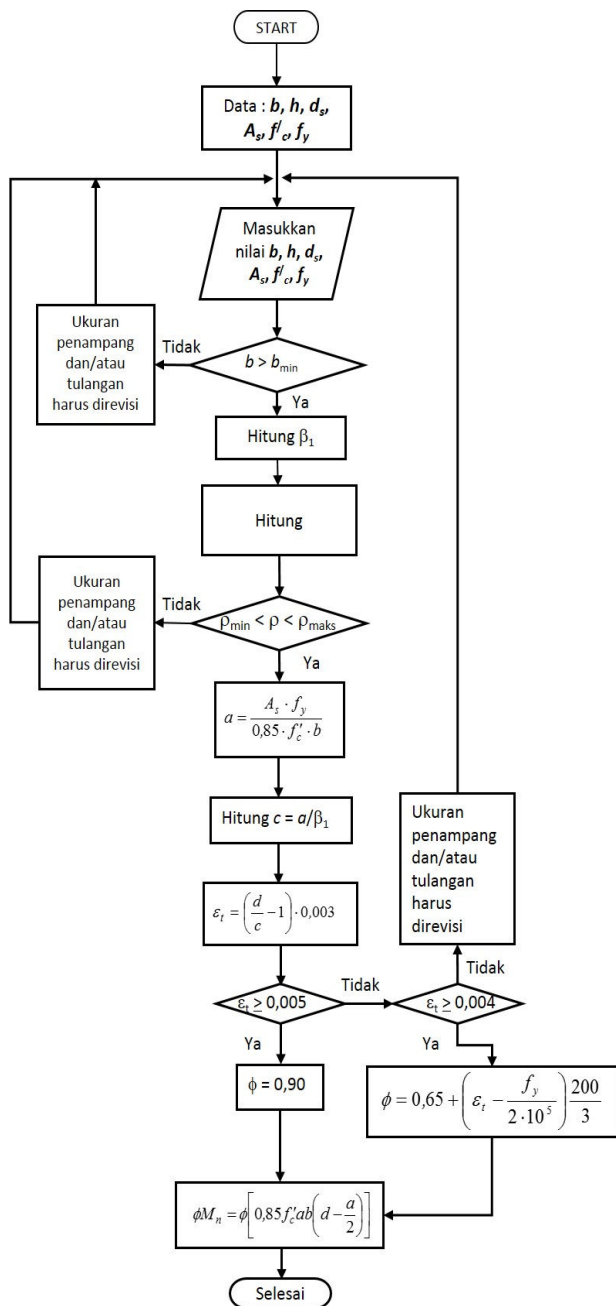
Nilai ρ harus diperiksa terhadap syarat ρ_{maks}

$$\rho_{maks} = 0,625(0,85)\beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Gambar-5 memperlihatkan diagram alir proses desain penampang balok beton bertulangan tunggal. Istilah Rekayasa Perangkat Lunak (RPL) secara umum disepakati sebagai terjemahan dari istilah *Software Engineering*. IEEE memberikan definisi yang lebih lengkap mengenai *software engineering*, yaitu “*Software Engineering: (1) The application of a systematic, disciplined, quantifiable approach to the development, operation, and maintenance of software; that is, the application of engineering to software. (2) The study of approaches as in (1)*” [9].

Sebagian orang mengartikan RPL hanya sebatas pada bagaimana membuat program komputer. Padahal ada perbedaan yang mendasar antara perangkat lunak (*software*) dan program komputer. Perangkat lunak adalah seluruh perintah yang

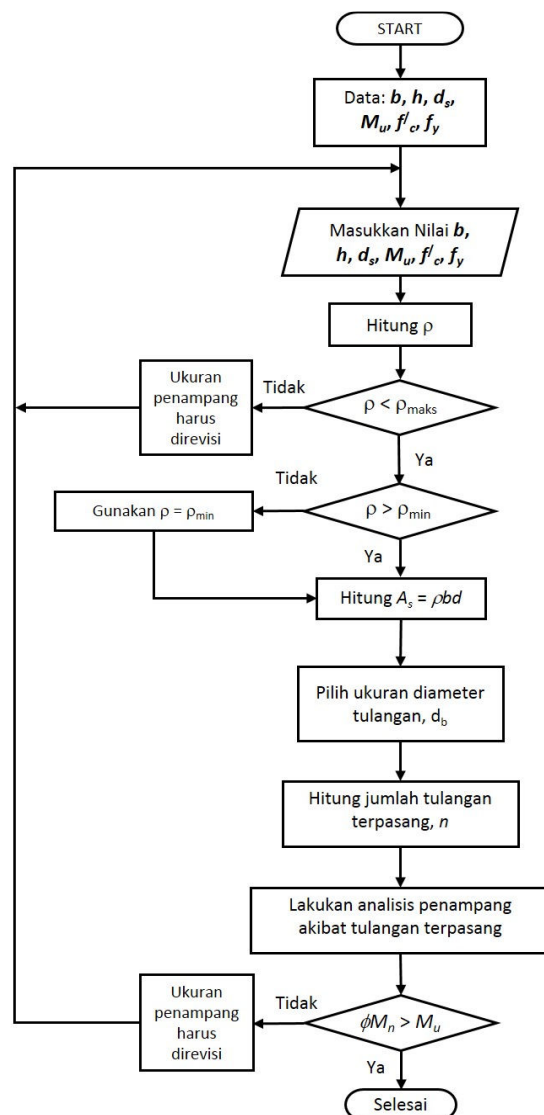
digunakan untuk memproses informasi. Perangkat lunak dapat berupa program atau prosedur. Program adalah kumpulan perintah yang dimengerti oleh komputer sedangkan prosedur adalah perintah yang dibutuhkan oleh pengguna dalam memproses informasi.



Gambar-4. Diagram alir analisis penampang balok Persegi bertulangan tunggal.

Menurut definisi RPL dan hubungannya dengan perangkat lunak, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa RPL adalah suatu disiplin

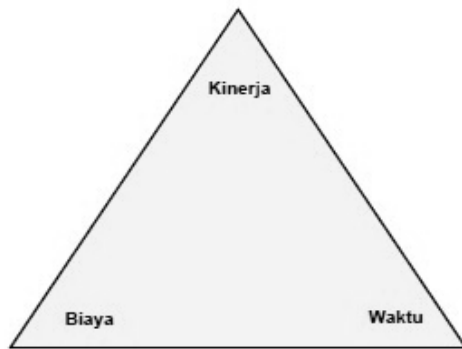
ilmu yang membahas semua aspek produksi perangkat lunak, mulai dari tahap awal yaitu analisa kebutuhan pengguna, menentukan spesifikasi dari kebutuhan pengguna, disain, pengkodean, pengujian sampai pemeliharaan sistem setelah digunakan.



Gambar-5. Diagram alir desain penampang balok Persegi bertulangan tunggal.

Jelaslah bahwa RPL tidak hanya berhubungan dengan cara pembuatan program komputer. Pernyataan “semua aspek produksi” pada pengertian di atas, mempunyai arti semua hal yang berhubungan dengan proses produksi seperti manajemen proyek, penentuan personil, anggaran biaya, metode, jadwal, kualitas sampai dengan pelatihan pengguna merupakan bagian dari RPL.

Secara umum tujuan RPL [10] tidak berbeda dengan bidang rekayasa yang lain. Gambar-6 menunjukkan visualisasi tujuan RPL secara umum.



Gambar-6. Tujuan RPL [10].

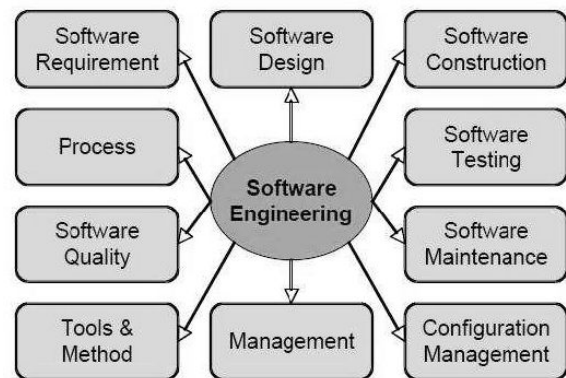
Dari Gambar-6 dapat diartikan bahwa bidang rekayasa akan selalu berusaha menghasilkan output yang kinerjanya tinggi, biaya rendah dan waktu penyelesaian yang tepat. Berikut adalah tujuan RPL secara khusus [10].

1. Memperoleh biaya produksi perangkat lunak yang rendah.
2. Menghasilkan perangkat lunak yang kinerjanya tinggi, andal dan tepat waktu.
3. Menghasilkan perangkat lunak yang dapat bekerja pada berbagai jenis platform.
4. Menghasilkan perangkat lunak yang biaya perawatannya rendah.

Sesuai definisi yang telah disampaikan sebelumnya, maka dapat dijabarkan ruang lingkup RPL pada Gambar-7 [11].

1. *Software requirements* berhubungan dengan spesifikasi kebutuhan dan persyaratan perangkat lunak.
2. *Software engineering process* merupakan tahap pengerjaan dari perancangan perangkat lunak sampai implementasinya.
3. *Software design* mencakup proses penentuan arsitektur, komponen, antarmuka, dan karakteristik lain dari perangkat lunak.
4. *Software construction* berhubungan dengan detail pengembangan perangkat lunak, termasuk algoritma, pengkodean, pengujian, dan pencarian kesalahan.
5. *Software testing* meliputi pengujian pada keseluruhan perilaku perangkat lunak.
6. *Software maintenance* mencakup upaya-upaya perawatan ketika perangkat lunak telah dioperasikan.
7. *Software configuration management* berhubungan dengan usaha perubahan konfigurasi perangkat lunak untuk memenuhi kebutuhan tertentu.

8. *Software engineering management* berkaitan dengan pengelolaan dan pengukuran RPL, termasuk perencanaan proyek perangkat lunak.
9. *Software engineering tools and methods* mencakup kajian teoritis tentang alat bantu dan metode RPL.
10. *Software engineering process* berhubungan dengan definisi, implementasi, pengukuran, pengelolaan, perubahan dan perbaikan proses RPL.
11. *Software quality* menitikberatkan pada kualitas dan daur hidup perangkat lunak.



Gambar-7. Ruang lingkup RPL [11].

D. Pengertian Android

Android adalah sebuah sistem operasi untuk perangkat *mobile* berbasis linux yang mencakup sistem operasi, *middleware* dan aplikasi. Android merupakan generasi baru *platform mobile* yang memberikan kesempatan kepada pengembang untuk melakukan pengembangan sesuai dengan yang diharapkan. Sistem operasi yang mendasari Android merupakan lisensi di bawah naungan GNU, *General Public License* Versi 2 (GPLv2), yang biasa dikenal dengan istilah *Copyleft*. Istilah *copyleft* ini merupakan lisensi yang setiap perbaikan oleh pihak ketiga harus terus jatuh di bawah *terms*.

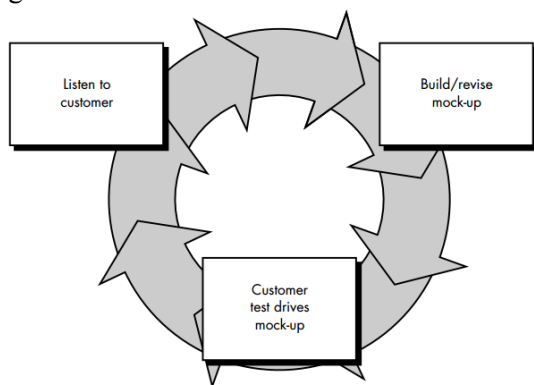
Distribusi Android berada di bawah lisensi Apache Software (ASL/Apache2), yang memungkinkan untuk distribusi kedua atau seterusnya. Pengembang aplikasi Android diperbolehkan untuk mendistribusikan aplikasi mereka di bawah skema lisensi apapun yang mereka inginkan.

Pengembang memiliki beberapa pilihan dalam membuat aplikasi yang berbasis Android. Namun kebanyakan pengembang menggunakan Eclipse sebagai IDE untuk merancang aplikasi mereka. Hal ini dikarenakan Eclipse mendapat dukungan langsung dari Google untuk menjadi IDE pengembangan aplikasi Android. Aplikasi Android

dapat dikembangkan pada berbagai sistem operasi, diantaranya adalah Windows XP/Vista/7, Mac OS X (Mac OS X 10.48 atau yang lebih baru), atau Linux.

E. Model Pendekatan dan Metode Pengembangan Sistem

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, model pendekatan dan pengembangan sistem ini menggunakan model *prototype* [9]. Hal ini dikarenakan model ini memiliki kemampuan dalam hal efisiensi algoritma, adaptasi terhadap sistem operasi ataupun bentuk-bentuk yang harus dilakukan oleh interaksi manusia dengan mesin menjadi pilihan. Dengan metode ini maka terjadi proses iterative dalam pengembangan sistem yang dibuat, lihat gambar-8, dimana kebutuhan user diubah ke dalam sistem yang berkerja (*working system*) yang secara kontinue diperbaiki melalui kerjasama pengguna dengan analis.



Gambar-8. Model prototyping [9].

Pada implementasinya, secara garis besar pengembangan dan perancangan sistem dilakukan menggunakan tahapan siklus pengembangan model *prototype*, yaitu:[9]

1. Mendengarkan Pengguna

Tahap ini merupakan tahap pertama dalam merancang sistem. Pada tahap ini, seluruh kebutuhan-kebutuhan pengguna dirangkum menjadi informasi yang berguna untuk membangun sebuah aplikasi yang sesuai dengan tujuan dibuatnya aplikasi tersebut.

2. Membangun Memperbaiki Prototype

Dalam tahap ini dilakukan perancangan dan pengkodean untuk sistem yang diusulkan yang mana tahapnya meliputi: perancangan proses-proses yang akan terjadi didalam sistem, perancangan diagram UML yang akan digunakan, perancangan antar muka keluaran dan dilakukan tahap pengkodean terhadap rancangan-rancangan yang telah didefinisikan, kelengkapan perangkat lunak dan perangkat keras.

3. Pengujian *Prototype*

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah disusun dan melakukan pengenalan terhadap sistem yang telah diujikan serta mengevaluasi apakah sistem yang sudah jadi sudah sesuai dengan yang diharapkan.

F. Pengujian Aplikasi

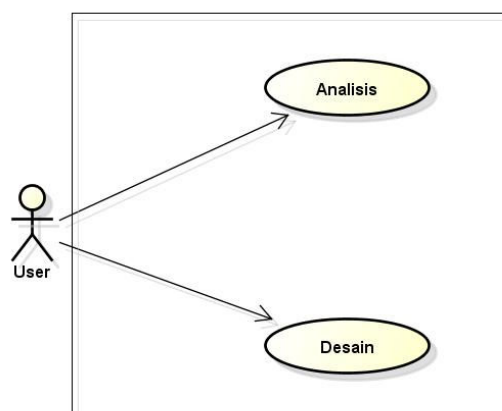
Pada tahap ini dilakukan dengan menggunakan alat pengujian *BlackBox Testing* [12]. *BlackBox Testing* adalah pengujian yang mengabaikan mekanisme internal sistem atau komponen dan hanya berfokus pada keluaran yang dihasilkan dalam menanggapi masukan yang dipilih dan kondisi eksekusi. Tujuan dilakukannya *BlackBox Testing* adalah.

1. Fungsi-fungsi yang salah atau hilang;
2. Kesalahan antarmuka (*interface*);
3. Kesalahan dalam struktur data;
4. Kesalahan performa; dan
5. Kesalahan inisialisasi dan terminasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pengembangan aplikasi ini diawali dengan proses pengidentifikasian pengguna yang nantinya akan berinteraksi dengan sistem melalui aplikasi berbasis Android, *use case* pada Gambar-9, kemudian dilanjutkan dengan menentukan perilaku dari sistem yang dibutuhkan oleh pengguna untuk memodelkan bagaimana seorang pengguna akan menggunakan sistem, dan diakhiri dengan perancangan aktifitas pengguna saat berinteraksi dengan aplikasi ini pada saat aplikasi ini selesai dibangun.



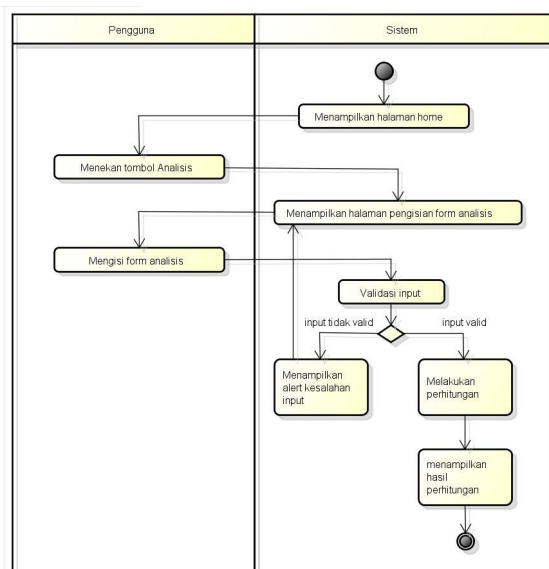
Gambar-9. Use case aplikasi.

Gambar-9 menjelaskan bahwa pengguna akhir dapat melakukan analisis penampang balok persegi

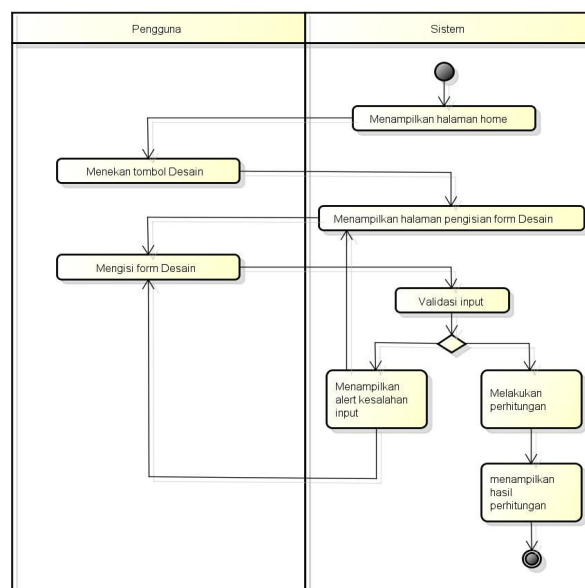
bertulangan tunggal dengan menekan tombol Analisis dan desain penampang balok persegi bertulangan tunggal dengan menekan tombol Desain.

Diagram pada Gambar-10 di bawah ini menjelaskan bahwa pada awal aplikasi berjalan, maka aplikasi akan masuk ke halaman *home*. Ketika pengguna akhir ingin melakukan analisis penampang balok persegi bertulangan tunggal, maka pengguna harus menekan tombol Analisis. Setelah itu, sistem akan menampilkan halaman pengisian form analisis. Lalu pengguna akhir mengisi form analisis tersebut lalu hasil isian akan divalidasi oleh aplikasi sebelum dilakukan perhitungan. Apabila isian tidak valid, maka aplikasi menampilkan pesan kesalahan input, dan aplikasi akan menampilkan kembali halaman pengisian form analisis. Apabila isian valid, maka aplikasi akan melakukan perhitungan dan menampilkan hasil perhitungan.

Pada Gambar-11 dapat dijelaskan ketika aplikasi pertama kali berjalan, maka aplikasi akan menampilkan halaman *home*. Ketika pengguna akhir ingin melakukan desain penampang balok, maka pengguna akhir harus menekan tombol desain, lalu aplikasi akan menampilkan halaman form desain yang wajib diisi oleh pengguna akhir. Setelah pengguna akhir mengisi form desain, maka sistem akan melakukan validasi input. Jika yang diisi oleh pengguna akhir tidak valid, maka aplikasi akan menampilkan pesan kesalahan input. Jika yang diisi oleh pengguna akhir valid, aplikasi akan melakukan perhitungan dan menampilkan hasil perhitungan.



Gambar-10. Activity diagram analisis penampang balok persegi bertulangan tunggal.



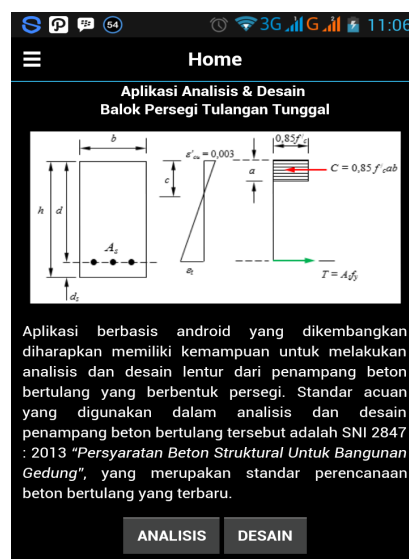
Gambar-11. Activity diagram desain penampang balok persegi bertulangan tunggal.

B. Pembuatan Aplikasi

Setelah semua tahapan perancangan diselesaikan, tahapan berikutnya adalah melaksanakan tahapan pembuatan aplikasi dan kemudian mengujinya. Pembuatan aplikasi dilakukan dengan menggunakan *Java Software Development Kit (SDK Java)*, *Eclipse Software Development Kit (SDK Eclipse)*, *Android Software Development Kit (SDK Android)* serta beberapa perangkat lunak pendukung lainnya.

C. Pengujian Aplikasi

Gambar-12 menunjukkan tampilan halaman muka dari aplikasi.



Gambar-12. Tampilan halaman muka aplikasi.

Pengujian aplikasi dilakukan dengan menggunakan metode *black box testing*, yaitu sebuah metode pengujian untuk memastikan aplikasi berjalan sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan sebelumnya dari sisi fungsionalitas aplikasi.

Pengamatan dilakukan dengan cara melakukan beberapa skenario penggunaan aplikasi dan menyesuaikannya dengan tampilan yang diharapkan, hal ini dimaksudkan untuk mengamati perilaku dan tanggapan aplikasi. Pengujian aplikasi secara garis besar akan dilakukan pada 2 opsi yang ditawarkan oleh aplikasi, yaitu Analisis dan Desain. Sebagai contoh pengujian yang dilakukan terhadap kedua

opsi pada bagian ketika semua variabel telah diisi dengan lengkap disajikan dalam Tabel-1 dan Tabel-2

Pada Tabel-1 disajikan contoh pengujian black box untuk opsi analisis dan Tabel-2 untuk opsi desain, setelah memasukkan beberapa variabel yang diperlukan maka apabila pengguna menekan tombol HITUNG, aplikasi akan menampilkan hasil hitungan.

D. Verifikasi Perhitungan Manual Opsi Analisis

Untuk memvalidasi hasil hitungan yang dilakukan oleh aplikasi, maka berikut dilakukan verifikasi dengan hasil perhitungan secara manual (*hand calculation*).

Tabel-1. Pengujian *black box* opsi analisis.

Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
Memberikan nilai untuk semua variabel kemudian menekan tombol HITUNG	Analisis Balok Input Data Penampang Balok: b 300 h 500 d _s 50 A _s 29 N 3 f _c 20 f _y 400 Hitung Reset Home	Aplikasi akan menampilkan hasil perhitungan	Analisis Balok Data Penampang Balok: b, Lebar Balok = 300 mm h, Tinggi Balok = 500 mm d _s , Selimut Balok = 50 mm d, Tinggi Efektif = 450 mm A _s , Diameter Tulangan Tarik = 29 mm N, Jumlah Tulangan Tarik = 3 ρ = 0.015 f _c , Mutu Beton = 20 MPa f _y , Kuat Leleh Tulangan = 400 MPa β ₁ = 0.85 ρ _b = 0.0217 ρ _{min} = 0.00350, status: OK (ρ > ρ _{min}) ρ _{maks} = 0.0155, status: OK (ρ < ρ _{maks}) a = 155.4 c = 182.8 e _t = 0.0043855 Penampang berada pada zona : TRANSISI φ = 0.8488 M _n = 295.0 kN-m φ M _n = 250.4 kN-m	Valid

Tabel-2. Pengujian *black box* opsi desain.

Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
Memberikan nilai untuk semua variabel kemudian menekan tombol HITUNG	Desain Balok Input Data Penampang Balok: M _u 200 b 250 h 500 d _s 62.5 f _c 25 f _y 400 d _b 25 Hitung Reset Home	Aplikasi akan menampilkan hasil perhitungan	Desain Balok Data Penampang Balok: M _u = 200 kN.m b, Lebar Balok = 250 mm h, Tinggi Balok = 500 mm d _s , Selimut Beton = 62.5 mm d, Tinggi Efektif = 437.5 mm f _c , Mutu Beton = 25 MPa f _y , Kuat Leleh Tulangan = 400 MPa β ₁ = 0.85 ρ _b = 0.02709 ρ _{perlu} = 0.01327 ρ _{maks} = 0.01693, status: OK (ρ < ρ _{maks}) ρ _{min} = 0.00350, status: OK (ρ > ρ _{min}) A _s perlu 1451.02mm ² d _b , Diameter Tulangan = 25 Jumlah Tulangan = 3 b _{min} = 225.00, status: OK (D _{actual} < b) Kembali Home	Valid

Untuk contoh perhitungan analisis digunakan penampang seperti pada Gambar-13. Akan dihitung besarnya kuat momen rencana, ϕM_n , dengan $f'_c = 20$ MPa dan $f_y = 400$ Mpa.

1) Penyelesaian manual

1. Luas total tulangan baja 3D29 adalah 1.980 mm², sehingga

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{1.980}{300 \times 550} = 0,012$$

2. $\rho_{maks} = 0,01355 > \rho$, penampang terkendali tarik, $\phi = 0,90$, atau periksa nilai ϵ_t :

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{1.980 \times 400}{0,85 \times 20 \times 300} = 155,29 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{0,85} = 182,69 \text{ mm}$$

$$d_t = d = 550 \text{ mm}$$

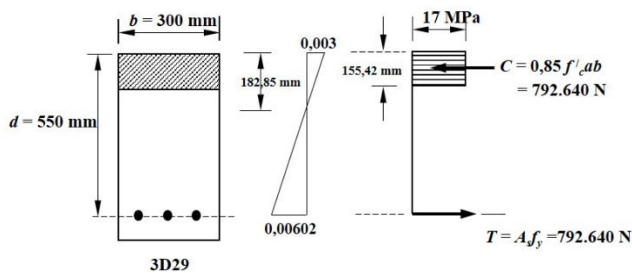
$$\epsilon_t = \left(\frac{d - c}{c} \right) 0,003 = 0,00603 > 0,005,$$

$$\phi = 0,90$$

$$\text{atau } c/d_t = 0,3322 < 0,375 \text{ (OK)}$$

3. Hitung nilai ϕM_n , dengan menggunakan persamaan (8) :

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 336.694.644 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ &= 336,69 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$



Gambar-13. Keseimbangan gaya pada penampang balok

2) Penyelesaian dengan aplikasi

Untuk dapat menggunakan aplikasi analisis, maka beberapa variabel harus diinput terlebih dahulu, meliputi lebar balok, tinggi efektif, mutu beton dan baja tulangan, serta luas tulangan tarik yang disediakan. Proses input data pada aplikasi ditunjukkan dalam Gambar-14, sedangkan Gambar-15 menunjukkan hasil perhitungan.

Apabila diperhatikan pada Gambar-15 terlihat bahwa operasi atau rumus perhitungan yang sudah dimasukkan ke dalam aplikasi sebagai proses untuk menentukan hasil perhitungan analisis

penampang beton sesuai dengan perhitungan secara manual. Hal ini terlihat dari hasil perhitungan manual diperoleh nilai $\phi M_n = 336,69$ kN·m, sedangkan hasil perhitungan aplikasi menghasilkan nilai $\phi M_n = 336,8$ kN·m (terjadi selisih 0,033% yang masih dapat ditoleransi).

Gambar-14. Input data analisis balok.

Gambar-15. Output hasil perhitungan analisis balok.

E. Verifikasi Perhitungan Manual Opsi Desain

Untuk contoh perhitungan desain, akan dihitung kebutuhan jumlah tulangan untuk suatu penampang dengan lebar 250 mm, tinggi total 500 mm, yang memikul beban momen lentur terfaktor sebesar 200 kN.m. Gunakan $f'_c = 25$ MPa dan $f_y = 400$ MPa.

1) Penyelesaian manual

- Asumsikan ukuran tulangan tarik yang digunakan adalah D25, $d = 500 - (25/2) - 50 = 437,5$ mm.
- Periksa apakah penampang tidak memerlukan tulangan tekan. Untuk $f'_c = 25$ MPa dan $f_y = 400$ MPa, maka $\rho_{maks} = 0,01693$.

$$R_{u \text{ maks}} = \phi \rho_{maks} f_y \left(1 - \frac{\rho_{maks} f_y}{1,7 f'_c} \right)$$

$$= 0,9 \times 0,01693 \times 400 \left(1 - \frac{0,01693 \times 400}{1,7 \times 25} \right)$$

$$= 5,1237 \text{ Mpa.}$$

Kuat momen rencana dari penampang adalah:

$$\begin{aligned} \phi M_{nmaks} &= R_{umaks} b d^2 \\ &= 5,1237 (250) (437,5)^2 \\ &= 245.177.050,78 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ &= 245,18 \text{ kN}\cdot\text{m} > 225 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

Sehingga penampang cukup didesain sebagai penampang bertulangan tunggal.

- Hitung nilai Q

$$Q = \left(\frac{1,7}{\phi f'_c} \right) \frac{M_u}{b d^2} = \left(\frac{1,7}{0,9 \times 25} \right) \frac{200 \cdot 10^6}{250 \times 437,5^2}$$

$$= 0,3158$$

$$\rho = \frac{f'_c}{f_y} \left[0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q} \right]$$

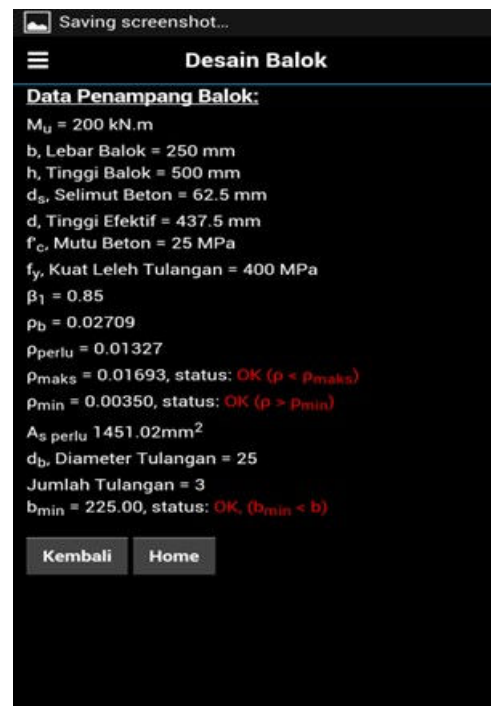
$$= 0,01327 < \rho_{maks}$$

(penampang terkendali tarik)

- $A_s = \rho b d = 0,01327 (250) (437,5) = 1.452 \text{ mm}^2$.
Gunakan **3D25** dalam satu lapis tulangan

2) Penyelesaian dengan aplikasi

Jika diperhatikan pada Gambar-16 di bawah ini didapatkan bahwa dari hasil desain yang sudah dilakukan, kedua metode menghasilkan output yang sama yaitu 3 buah tulangan dengan diameter 25 mm.



Gambar-16. Pengujian perhitungan manual opsi desain.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

- Aplikasi ConBeam1 telah dapat digunakan dengan baik dan akurat, untuk keperluan analisis terdapat kesalahan relatif sebesar 0,03% terhadap hasil perhitungan manual. Sedangkan untuk keperluan desain didapatkan hasil yang sama dengan hasil perhitungan manual.
- Aplikasi ini hanya memperhitungkan tulangan yang disusun dalam satu lapis saja, untuk tulangan yang disusun dalam dua lapis atau lebih maka pengguna harus menghitung sendiri secara manual letak titik berat tulangan
- Aplikasi ConBeam1 ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran yang berguna khususnya pada mata kuliah Perancangan Struktur Beton yang merupakan mata kuliah wajib bagi program studi Teknik Sipil di Indonesia pada umumnya.
- Untuk keperluan pengembangan selanjutnya, maka disarankan untuk mengembangkan aplikasi serupa untuk keperluan analisis jenis-jenis konstruksi beton bertulang lainnya seperti konstruksi balok beton bertulang rangkap, desain tulangan geser dan torsi untuk balok beton serta aplikasi desain untuk pondasi beton bertulang yang sangat sering ditemui oleh perencana struktur beton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dana hibah Universitas Pembangunan Jaya, berdasarkan Surat Perjanjian Penelitian Hibah Internal Nomor : 04/PER-P2M/UPJ/16.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] KOMINFO. *"Indonesia Raksasa Teknologi Digital Asia"*. KOMINFO Official Homepage. Laman: https://kominfo.go.id/content/detail/6095/indonesia-raksasa-teknologi-digital-asia/0/sorotan_media. Diakses 19 Juni 2016.
- [2] Somya R, Kambey FJ. Pembuatan Sistem Informasi Transportasi Umum di Kota Surakarta dengan Framework Sencha Touch. *Jurnal JNTETI UGM*. 2015; 4(4).
- [3] Dewi C, Pramono KN. Pembuatan Aplikasi Pencatatan Servis Mobil di PT. Armada International Motor Berbasis Android. *Jurnal JNTETI UGM*. 2015; 4(4).
- [4] Wahyudi AK. ARca, Pengembangan Buku Interaktif Berbasis Augmented Reality dengan Smartphone Android. *Jurnal JNTETI UGM*. 2014; 3(2).
- [5] Standar Nasional Indonesia. SNI 2847: 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta. 2013.
- [6] ACI 318M-11. *Building Code Requirements for Structural Concrete*. American Concrete Institute. 2011.
- [7] Mc. Cormac, R.H. Brown. *Design of Reinforced Concrete*. 8th Edition. Wiley. 2008.
- [8] Hassoun MN, Al-Manaseer A. *Structural Concrete Theory and Design*. 3rd ed. John Wiley&Sons. Prentice Hall. 2005.
- [9] Pressman RS. *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. 7th Edition. New Jersey. McGraw Hill Education. 2010.
- [10] Mulyanto AR. *Rekayasa Perangkat Lunak*. KEMENDIKBUD Republik Indonesia. Jakarta. 2008.
- [11] Abran A, Moore JW, Bourque P, Dupuis R, Tripp LL. *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge*. IEEE. ISBN 0-7695-2330-7. 2004.
- [12] Patton R. *Software Testing*. 2nd Edition. Indianapolis. Sams Publishing. 2006.