

PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK PERENCANAAN SAMBUNGAN KAYU BERDASARKAN SNI 7973-2013 DENGAN ALAT SAMBUNG BAUT

Michael Wijaya, Yosafat Aji Pranata, Niko Ibrahim

Program Studi Double Degree Teknik Sipil-Sistem Informasi, Universitas Kristen Maranatha
e-mail: michaelwijaya.789@gmail.com, yosafat.ap@gmail.com, niko.ibrahim@gmail.com

ABSTRAK

Desain sambungan memegang peranan yang sama pentingnya dengan desain struktur, khususnya untuk material kayu. Konstruksi kayu terdiri dari sangat banyak sambungan kayu. Perhitungan manual sambungan kayu menjadi kurang efisien. Belum banyak aplikasi yang beredar untuk menunjang perhitungan sambungan kayu. Oleh karena itu, diperlukan aplikasi yang dapat menunjang perhitungan sambungan kayu. Aplikasi perhitungan sambungan kayu dibuat lebih spesifik – hanya untuk alat sambung baut – untuk membatasi permasalahan yang ada. Aplikasi dibuat sesuai dengan peraturan konstruksi kayu terbaru di Indonesia, SNI 7973-2013. Dalam merancang aplikasi, digunakan pendekatan melalui desain ERD dan DFD. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Java dengan basis data MySQL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa telah berhasil dibuat aplikasi yang mampu menunjang perhitungan sambungan kayu, khususnya di Indonesia.

Kata kunci: sambungan kayu, aplikasi, SNI 7973-2013, basis data.

ABSTRACT

Design connection plays an important role as important as the design of the structure, particularly for wood materials. Wood construction consists of very many wood connection. Manual calculation becomes less efficient for calculation of wood connection. Not many outstanding applications to support the calculation of timber connection. Therefore, it is necessary to provide the application of the calculation of timber connection. Applications calculations timber connection made more specific, only to bolt connection tool, to limit the existing problems. Applications were made in accordance with the latest regulations in Indonesian wood construction, SNI 7973-2013. In designing the application, the design approach used is ERD and DFD. Programming language used is Java with MySQL database. The results showed that the application that is able to support the calculation of wood, especially in Indonesia, has successfully made.

Keywords: wood connection, applications, SNI 7973-2013, database.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Rumah Kayu merupakan jenis rumah yang banyak digemari di beberapa negara, seperti: Indonesia (bagian timur), Australia, dan Amerika. Tampak eksterior yang memberikan kesan artistik, minimalis, dan tradisional merupakan salah satu faktor digemarinya rumah kayu. Contoh gambar rumah kayu dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah.

Dalam merencanakan konstruksi bangunan rumah kayu, desain struktur sambungan kayu juga memiliki peranan sama pentingnya dengan desain struktur bagian kayu yang lainnya. Desain sambungan yang diperhatikan adalah sambungan antar balok-kolom, balok-balok, dan rangka atap. Melalui hal ini, dapat diketahui dalam suatu proyek konstruksi bangunan kayu, akan memiliki sangat banyak sambungan yang diperhitungkan. Oleh karena itu, dapat dikatakan perhitungan manual terhadap desain sambungan akan menjadi kurang efektif dan efisien.

Salah satu solusi untuk menambah efektifitas dan efisiensi adalah melalui perangkat lunak. Namun, perangkat lunak khusus untuk mendukung desain sambungan kayu masih jarang ditemukan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk merancang suatu perangkat lunak perencanaan sambungan kayu.



Gambar 1. Rumah Kayu Minimalis (<http://rumahminimalise.blogspot.com>),
tanggal akses 15 April 2014.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka diangkat rumusan masalah: “Bagaimana Merancang perangkat lunak yang mampu mendukung perencanaan sambungan kayu berdasarkan SNI 7973-2013 dengan alat sambung baut ?”

Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka diperoleh tujuan penelitian: “Merancang perangkat lunak yang mampu mendukung perencanaan sambungan kayu berdasarkan SNI 7973-2013 dengan alat sambung baut.”

Batasan Masalah

Untuk membatasi setiap permasalahan yang akan muncul dalam penelitian, maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Sambungan yang dibahas adalah sambungan kayu,
2. Alat sambung yang digunakan adalah baut, pelat baja, dan pelat kayu,
3. Metode berdasarkan LRFD sesuai SNI 7973-2013,
4. Sambungan struktur yang ditinjau adalah sambungan untuk batang tarik dan tekan, sambungan momen balok-kolom dan balok-balok,
5. Desain dimensi pelat tidak diperhitungkan,
6. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Java dengan basis data MySQL.

2. LANDASAN TEORI

Material Kayu

Material kayu merupakan jenis material yang tidak homogen diseluruh bagiannya sehingga kekuatan kayu beragam disetiap bagiannya. Oleh karena itu, desain struktur, termasuk desain sambungan, dalam konstruksi kayu akan menggunakan banyak faktor koreksi untuk menghadapi berbagai macam kondisi yang akan muncul akibat sifat kayu yang tidak homogen, berdasarkan dimunculkan oleh Badan Standar Nasional Indonesia (BSNI).

SNI 7973-2013

SNI 7973-2013 merupakan peraturan kayu terbaru yang dikeluarkan BSNI. Peraturan kayu ini menjadi referensi utama dalam penelitian perencanaan perangkat lunak perencanaan sambungan kayu dengan alat sambung baut. Secara garis besar pasal yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasal sepuluh (perencanaan faktor koreksi) dan sebelas (penggunaan baut sebagai alat sambung konstruksi kayu).

Faktor Koreksi Sambungan

Perencanaan kayu dalam desain struktur akan memuat peraturan pada SNI 7973-2013. Seluruh desain struktur dengan material kayu, baik itu struktur balok dan kolom maupun sambungan akan menggunakan banyak faktor koreksi. Khususnya desain struktur sambungan, keberlakuan faktor koreksi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Keberlakuan Faktor Koreksi Pada Sambungan (SNI 7973-2013 hal. 68).

	DTI		DTI dan DFBK								DFBK		
	Faktor Durasi Beban ¹	Faktor Layan Basah	Faktor Temperatur	Faktor Aksi Kelompok	Faktor Geometri ²	Faktor Kedalaman Penetrasi ³	Faktor Serat Ujung ³	Faktor Pelat Logam Samping ³	Faktor Diafragma ³	Faktor Ujung Paku ³	Faktor Konversi Format	Faktor Tahanan	Faktor Efek Waktu
											K _F	Φ	
Beban Lateral													
Pasak Z' = Z x (contoh : baut, sekrup kunci, sekrup kayu, paku, pantek, baut dorong, pin dorong)	C _D	C _M	C _t	C _g	C _Δ	-	C _{eg}	-	C _{di}	C _{tn}	3,32	0,65	λ
Pelat Geser Q' = Q x	C _D	C _M	C _t	C _g	C _Δ	C _d	-	-	-	-	3,32	0,65	λ
Keling Kayu P' = P x	C _D	C _M	C _t	-	-	-	-	C _{st} ⁴	-	-	3,32	0,65	λ
Q' = Q x	C _D	C _M	C _t	-	C _Δ ⁵	-	-	C _{st} ⁴	-	-	3,32	0,65	λ
Grid Pantek Z = Z x	C _D	C _M	C _t	-	C _Δ	-	-	-	-	-	3,32	0,65	λ
Beban Cabut													
Paku, Pantek, Sekrup Kunci, W' = W x Sekrup Kayu, dan Pin Doring	C _D	C _M ²	C _t	-	-	-	C _{eg}	-	-	C _M	3,32	0,65	λ

Kekuatan Sambungan Satu Baut

Berdasarkan SNI 7973-2013, kekuatan sambungan kayu untuk satu baut dihitung berdasarkan Persamaan 1. Nilai kekuatan sambungan (Z) dapat dihitung melalui rumus yang terdapat pada Tabel 2. Hal ini membuat jumlah baut menjadi penentu kekuatan sambungan untuk mengatasi beban yang bekerja pada sambungan — Persamaan 2.

$$Z' = Z \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_g \cdot C_{\Delta} \cdot C_{eg} \cdot C_{di} \cdot C_{tn} \cdot K_F \cdot \Phi_z \cdot \lambda \tag{1}$$

$$Z_u \leq Z' \cdot n \tag{2}$$

Tabel 2. Persamaan Batas Leleh (SNI 7973-2013 hal. 85).

Mode Kelelahan	Geser Tunggal	Geser Ganda
I _m	$Z = \frac{D \cdot C_M \cdot F_{sm}}{R_d}$	$Z = \frac{D \cdot C_M \cdot F_{sm}}{R_d}$
I _s	$Z = \frac{D \cdot C_s \cdot F_{ss}}{R_d}$	$Z = \frac{2 \cdot D \cdot C_s \cdot F_{ss}}{R_d}$
II	$Z = \frac{K_2 \cdot D \cdot C_s \cdot F_{ss}}{R_d}$	
III _m	$Z = \frac{K_2 \cdot D \cdot C_s \cdot F_{sm}}{(1+2R_s) \cdot R_d}$	
III _s	$Z = \frac{K_2 \cdot D \cdot C_s \cdot F_{sm}}{(2+R_s) \cdot R_d}$	$Z = \frac{2 \cdot K_2 \cdot D \cdot C_s \cdot F_{sm}}{(2+R_s) \cdot R_d}$
IV	$Z = \frac{D^2}{R_d} \sqrt{\frac{2 \cdot F_{sm} \cdot F_{yh}}{3(1+R_s)}}$	$Z = \frac{2 \cdot D^2}{R_d} \sqrt{\frac{2 \cdot F_{sm} \cdot F_{yh}}{3(1+R_s)}}$

Catatan:

$$K_1 = \frac{\sqrt{R_g + 2R_g^2(1+R_r+R_r^2) + R_r^2R_g^2} - R_g(1+R_r)}{1+R_g}$$


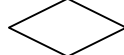

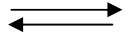
$$K_2 = -1 + \sqrt{\frac{2(1+R_g) + \frac{2F_{yD}(1+2R_g)D^2}{3F_{em}G_m}}{R_g}}$$

$$K_3 = -1 + \sqrt{\frac{2(1+R_g) + \frac{2F_{yD}(2+R_g)D^2}{3F_{em}G_m}}{R_g}}$$

Entity-Relationship Diagram (ERD)

Salah satu model perancangan basis data yang umum digunakan hingga saat ini adalah *ERD*. Model ini menggambarkan tiga informasi yang saling ketergantungan, yaitu objek data, atribut objek, dan hubungan antara objek data (kardinalitas). Representasi model diwujudkan melalui diagram gambar sehingga lebih mudah dimengerti, melalui notasi yang dapat dilihat pada tabel 3 (Pressman 1997).

Tabel 3. Notasi-notasi dalam *ERD*.

Nama	Notasi	Arti
Persegi panjang		Entitas / objek data
Belah Ketupat		Hubungan
Elips		Atribut
Garis panah		Kardinalitas

Data Flow Diagram (DFD)

DFD merupakan salah satu teknik pemodelan sistem dalam bentuk grafis yang masih sering digunakan hingga saat ini. Teknik ini merepresentasikan aliran data *input*, transformasi data, dan *output* yang terjadi dalam sistem (input – proses - output). Seperti halnya *ERD*, terdapat notasi-notasi yang telah disepakati untuk digunakan dalam penggambaran *DFD*, dapat dilihat pada tabel 4 (Pressman 1997).

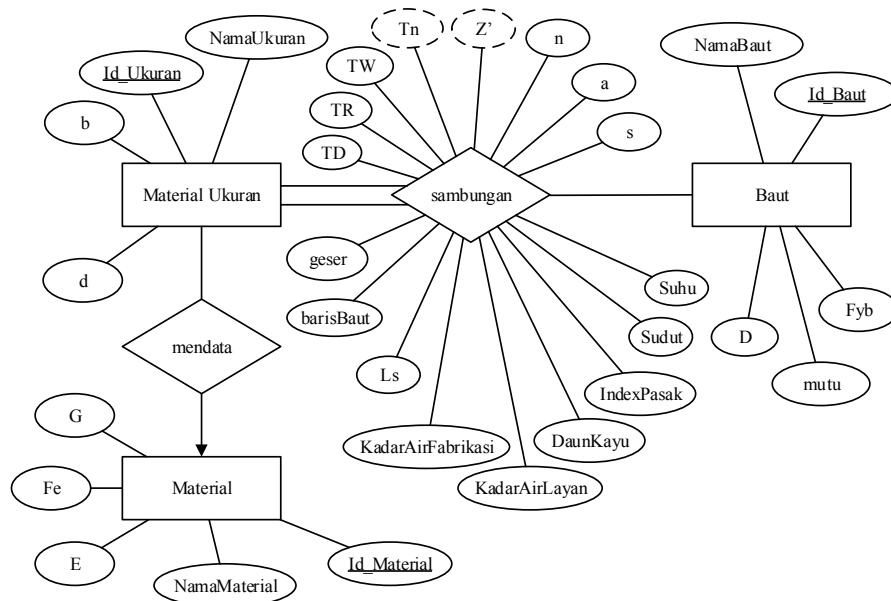
Tabel 4. Notasi DFD Dasar.

Notasi	Keterangan
Entitas eksternal	Entitas eksternal dapat berupa sebuah elemen sistem (misalnya perangkat keras, seseorang, program yang lain) atau sistem lain yang menghasilkan informasi bagi transformasi oleh perangkat lunak atau menerima informasi yang dihasilkan perangkat lunak.
Proses	Lingkaran merepresentasikan sebuah proses atau transformasi yang diaplikasikan ke data dan mengubahnya dengan berbagai macam cara.
objek data	Anak panah melambangkan satu atau lebih data.
Storage	Garis double merepresentasikan sebuah penyimpanan data – informasi yang digunakan oleh perangkat lunak tersimpan.

3. ANALISIS dan PERANCANGAN SISTEM

Entity-Relationship Diagram (ERD)

Berikut ini adalah ERD yang akan diimplementasikan pada basis data aplikasi perencanaan sambungan kayu dengan alat sambung baut. Diagram ini dapat dilihat pada Gambar 2.

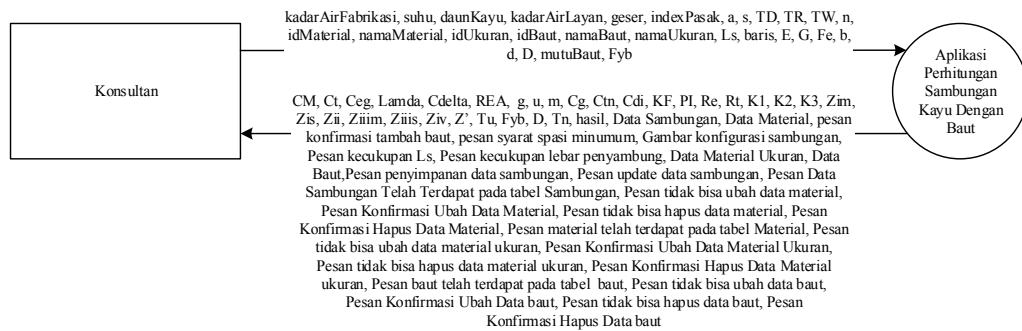


Gambar 2. ERD Aplikasi Sambungan Kayu dengan Alat Sambung Baut.

Data Flow Diagram (DFD)

Diagram Konteks / DFD Level 0

Berikut ini adalah *DFD level* tertinggi yang memberikan gambaran paling umum mengenai aliran data yang terjadi antara entitas dengan sistem. Diagram ini dapat dilihat pada Gambar 3.



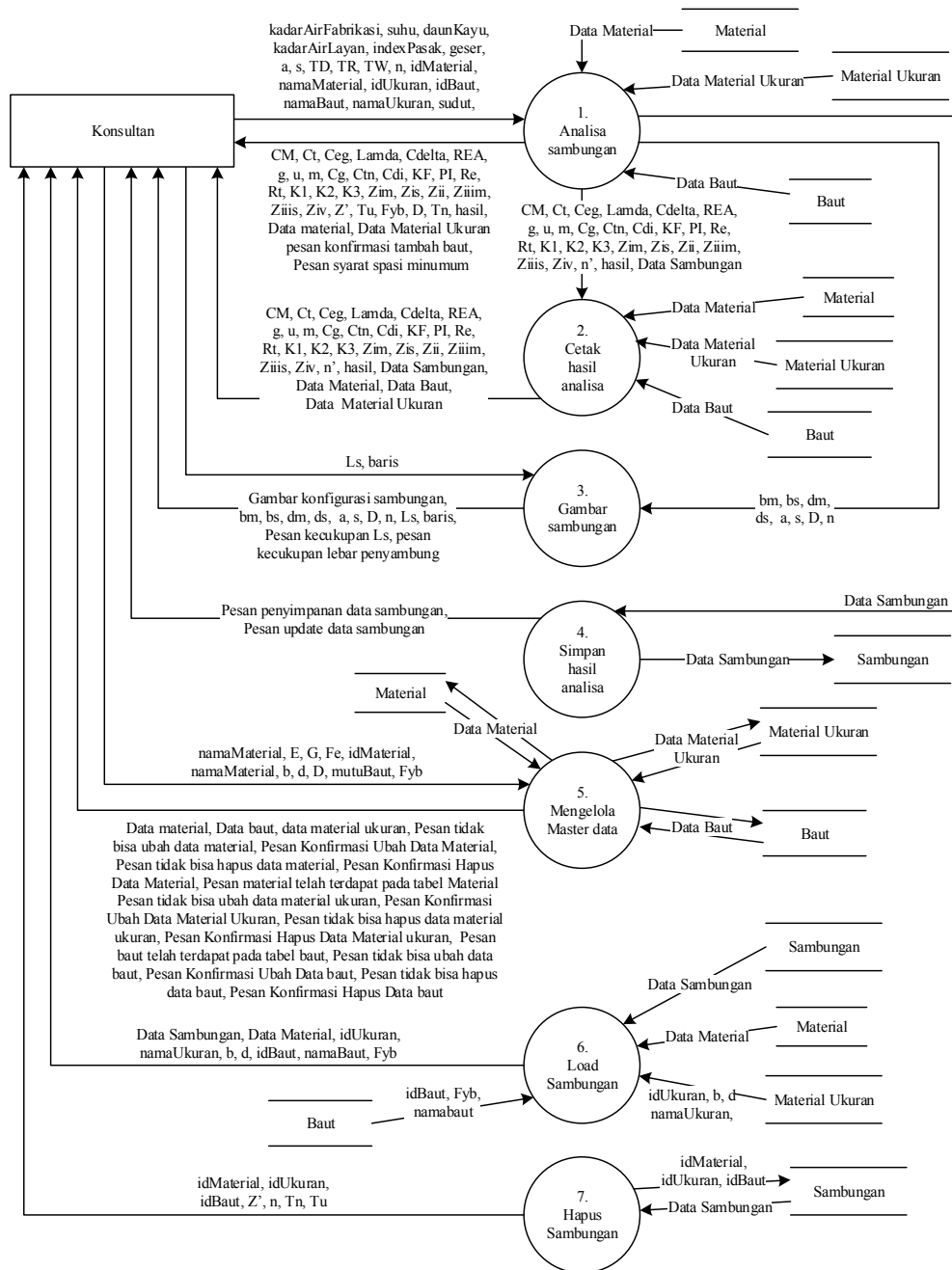
Gambar 3. Diagram Konteks Aplikasi Perhitungan Sambungan Kayu.

Keterangan Diagram Konteks:

- Data Baut: idBaut, namaBaut, mutu, D, Fyb
- Data Material: idMaterial, namaMaterial, E, G, Fe
- Data Material Ukuran: idUkuran, namaUkuran, idMaterial, b, d
- Data Sambungan: idBaut, idMaterial, idUkuran, daunKayu, kadarAirFabrikasi, kadarAirLayan, indexPasak, sudut, suhu, geser, TD, TR, TW, Tn, Z', n, a, s, barisBaut, Ls

DFD Level 1 (Proses 1-7)

Berikut ini dijelaskan aliran transformasi data (*input*, proses, dan *output*) yang terdapat pada sistem secara keseluruhan, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram DFD Level 1 Proses 1-7.

Keterangan DFD Level 1 Proses 1-7:

- Data Baut: idBaut, namaBaut, mutu, D, Fyb
- Data Material: idMaterial, namaMaterial, E, G, Fe
- Data Material Ukuran: idUkuran, namaUkuran, idMaterial, b, d

- Data Sambungan: idBaut, idMaterial, idUkuran, daunKayu, kadarAirFabrikasi, suhu, kadarAirLayan, indexPasak, sudut, geser, TD, TR, TW, Tn, Z', n, a, s, barisBaut, Ls

Rancangan Antarmuka

Perancangan sistem melalui *DFD* diimplementasikan dalam dua rancangan antarmuka utama, yaitu pengelolaan master data dan perhitungan sambungan.

Pengelolaan Master Data

Berikut adalah antarmuka yang didesain untuk melakukan pengelolaan data (material, ukuran material, dan baut) terhadap data yang akan menjadi referensi saat sistem melakukan perhitungan sambungan kayu. Antarmuka dapat dilihat pada gambar 5.

Gambar 5. Antarmuka Pengelolaan Master Data.

Perhitungan Sambungan

Berikut adalah antarmuka yang didesain untuk melakukan perhitungan sambungan kayu dengan alat sambung baut. Antarmuka ini dapat dilihat pada gambar 6. Adapun data-data master akan yang diperlukan hanya dapat dikelola melalui antarmuka pengelolaan master data.

Menu

Perhitungan Sambungan Kayu Dengan Alat Sambung Baut Berdasarkan SNI 2013-7973

Data Material Kayu Utama: <input type="text"/> Penyambung: <input type="text"/> Db: (mm)* <input type="text"/> E: (MPa)* <input type="text"/> Es: (MPa)* <input type="text"/> G:* <input type="text"/> Gs:* <input type="text"/> Fem: (MPa)* <input type="text"/> Fes: (MPa)* <input type="text"/> Fyb: (MPa)* <input type="text"/>	Data Sambungan Kayu Utama: <input type="text"/> Penyambung: <input type="text"/> be: (mm)* <input type="text"/> de: (mm)* <input type="text"/> bs: (mm)* <input type="text"/> ds: (mm)* <input type="text"/> a: (mm)* <input type="text"/> s: (mm)* <input type="text"/> T (Celcius)* <input type="text"/> Fbrkasi (%)* <input type="text"/> Layan (%)* <input type="text"/> n: (baut)* <input type="text" value="2"/> Geser:* <input type="radio"/> ganda <input type="radio"/> tunggal Daun Kayu:* <input type="radio"/> lebar <input type="radio"/> jarum Pengancang di luar serat ujung <input type="text"/>	Analisa Faktor Koreksi CM: <input type="text"/> Ct: <input type="text"/> Ceg: <input type="text"/> Ctn: <input type="text" value="1.0"/> Cdi: <input type="text" value="1.0"/> PI: <input type="text" value="0.65"/> KF: <input type="text" value="3.32"/> Lamda: <input type="text"/> Cdt: <input type="text"/> Perhitungan Cg REA: <input type="text"/> g: <input type="text"/> u: <input type="text"/> m: <input type="text"/> Cg: <input type="text"/>	Analisa Kekuatan Satu Baut Re: <input type="text"/> Rt: <input type="text"/> K1: <input type="text"/> K2: <input type="text"/> K3: <input type="text"/> Zim: (N) <input type="text"/> Zis: (N) <input type="text"/> Zii: (N) <input type="text"/> Ziiim: (N) <input type="text"/> Ziiis: (N) <input type="text"/> Ziv: (N) <input type="text"/> Hasil Perhitungan Z: (MPa) <input type="text"/> n: (baut) <input type="text"/> Tn: (MPa) <input type="text"/> Tu < Tn: <input type="text"/>
--	--	---	---

Gambar 6. Antarmuka Perhitungan Sambungan Kayu Dengan Alat Sambung Baut.

4. HASIL PENELITIAN

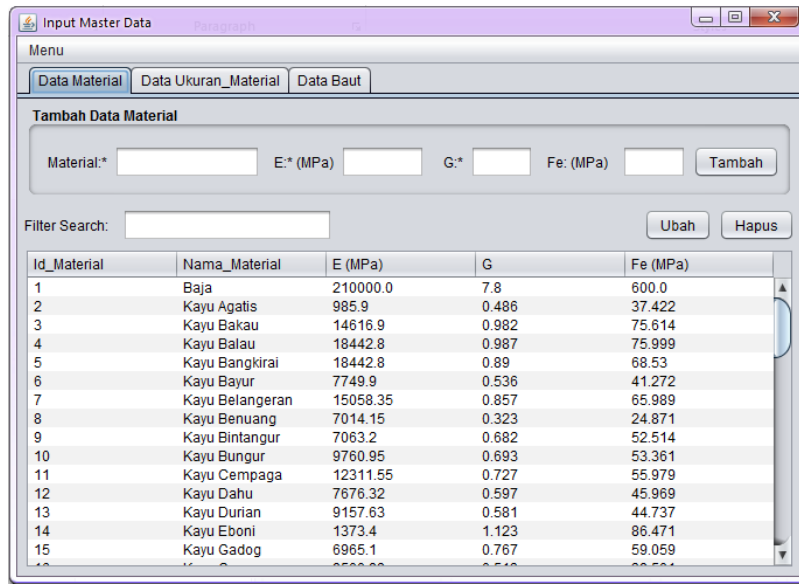
Berikut ini adalah hasil penelitian berdasarkan analisis dan perancangan sistem yang telah dilakukan dalam bentuk aplikasi. Hasil penelitian dijabarkan dalam implementasi aplikasi dan verifikasi perhitungan.

Implementasi Aplikasi

Berikut ini dijabarkan implementasi aplikasi perhitungan sambungan kayu dengan alat sambung baut secara garis besar, yaitu pengelolaan master data dan perhitungan sambungan kayu.

Pengelolaan Master Data

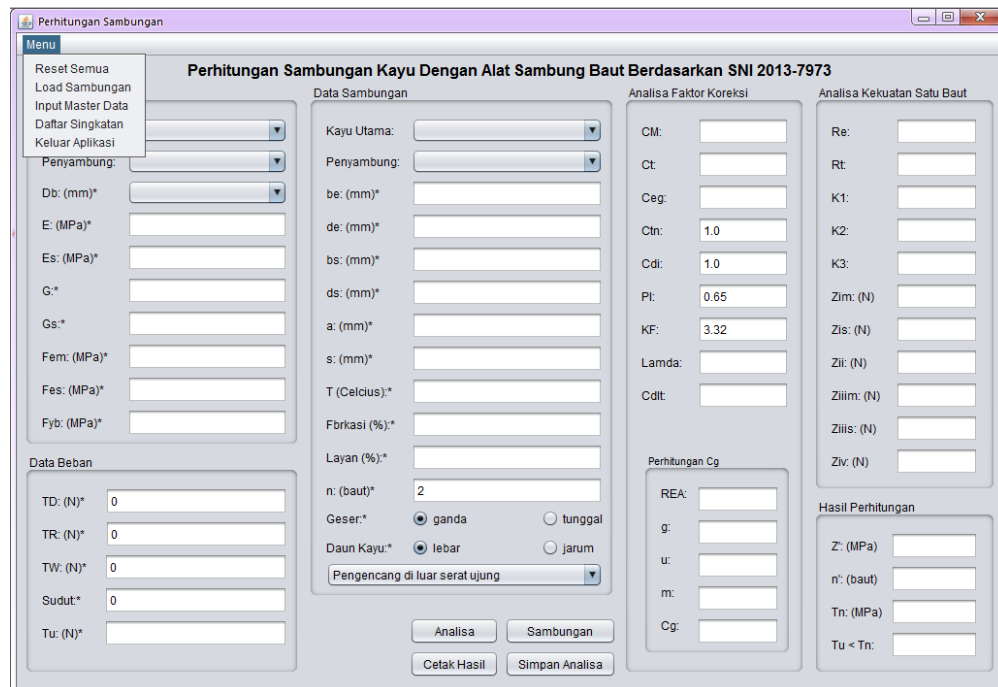
Berikut ini merupakan hasil penelitian antarmuka pengelolaan master data dalam bentuk aplikasi, dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Tampilan Pengelolaan Master Data.

Perhitungan Sambungan

Berikut ini merupakan hasil penelitian antarmuka perhitungan sambungan kayu dengan alat sambung baut dalam bentuk aplikasi, dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan Perhitungan Sambungan Kayu Dengan Alat Sambung Baut.

Verifikasi Aplikasi

Hasil penelitian terhadap aplikasi perhitungan sambungan kayu dengan alat sambung baut diharapkan dapat menghasilkan kalkulasi perhitungan yang akurat. Salah satu caranya adalah memverifikasi hasil perhitungan manual dengan hasil perhitungan aplikasi pada suatu kasus struktur sambungan kayu. Berikut ini akan disajikan verifikasi hasil perhitungan manual dan aplikasi dalam bentuk penyelesaian kasus desain struktur sambungan kayu.

Kasus Sambungan Batang Tarik

Diketahui sambungan kayu geser ganda dengan alat sambung baut. Kayu utama dan penyambung menggunakan material kayu bayur dengan elastisitas 9431,27 MPa, berat jenis 0,573, dan kuat tumpu kayu sebesar 45,27 MPa. Diasumsikan bahwa kadar air kayu 19% dan daun kayu bertipe jarum. Kayu utama dan kayu penyambung mempunyai ukuran penampang 300 mm x 50 mm. Baut yang digunakan mempunyai diameter 25 mm dengan mutu BJ-37. Diasumsikan bahwa pengencang berada di luar serat ujung, temperatur ruangan adalah 25° C, dan bangunan berfungsi sebagai rumah tinggal. Berapakah jumlah baut yang diperlukan agar sambungan kokoh, bila beban aksial tarik yang bekerja adalah 6 ton beban mati, 2,5 ton beban hujan, 1,5 ton beban angin? Gambarkan sambungannya !

Perhitungan Manual

Berikut ini adalah hasil perhitungan manual terhadap kasus sambungan batang tarik. Adapun hasil gambar sambungan oleh perhitungan manual dapat dilihat pada gambar 9.

Data penampang:

- $E_m = E_s = 9431,27 \text{ Mpa}$
- $G_m = G_s = 0,573$
- $b_m = b_s = 300 \text{ mm}$
- $d_m = d_s = 50 \text{ mm}$
- $F_{em} = F_{es} = 45,27 \text{ MPa}$
- $Re = \frac{F_{em}}{F_{es}} = \frac{45,27}{45,27} = 1,0$
- $A_m = 300 \times 50 = 15000 \text{ mm}^2$
- $A_s = 2 \times 300 \times 50 = 30000 \text{ mm}^2$ (sambungan geser ganda)

Data baut:

- $D = 25 \text{ mm}$
- $F_u = 370 \text{ MPa}$
- $F_y = 240 \text{ MPa}$
- $F_{yb} = \frac{F_u + F_y}{2} = \frac{370 + 240}{2} = 305 \text{ MPa}$

Data beban:

- TD = 60000 KN ; TR = 25000 KN ; TW = 15000 KN

$$- T_{u1} = \frac{1,4 TD}{\lambda} = \frac{1,4 \times 60000}{0,6} = 140000 \text{ N}$$

$$- T_{u2} = \frac{1,2 TD + 1,6 TR + 0,8 TW}{\lambda} = \frac{1,2 \times 60000 + 1,6 \times 25000 + 0,8 \times 15000}{0,8} = 155000 \text{ N}$$

$$- T_{u3} = \frac{1,2 TD + 1,6 TW + 0,8 TR}{\lambda} = \frac{1,2 \times 60000 + 1,6 \times 15000 + 0,8 \times 25000}{1,0} = 99500 \text{ N}$$

- Yang terbesar adalah T_{u2} , maka:

$$\lambda = 0,8 ; T_u = T_{u2} \times \lambda = 155000 \times 0,8 = 124000 \text{ N}$$

Penentuan Faktor Koreksi (C_{Δ})

- Daun kayu bertipe jarum → lihat SNI 7973-2013, pasal 11.5

- Digunakan a = 100 mm, s = 75 mm,

$$- C_{\Delta 1} = \frac{a}{7D} = \frac{100}{7 \times 25} = 0,571$$

$$- C_{\Delta 2} = \frac{s}{4D} = \frac{75}{4 \times 25} = 0,75$$

- $C_{\Delta} = C_{\Delta 1} = 0,571$ (ambil nilai terkecil)

Perhitungan Faktor C_g

$$- R_{EA} = \frac{E_s d_g}{E_m d_m} = \frac{9437,27 \times 15000}{9437,27 \times 15000} = 1,0 \text{ (terkecil antara } \frac{E_m A_m}{E_s A_s} \text{ atau } \frac{E_s A_g}{E_m A_m} \text{)}$$

$$- \gamma = 246 \times D^{1,5} = 246 \times 25^{1,5} = 30750$$

$$- u = 1 + \gamma \cdot \frac{1}{2} \left[\frac{1}{E_m d_m} + \frac{1}{E_s d_g} \right] = 1 + 30750 \cdot \frac{75}{2} \left[\frac{1}{9437,27 \cdot 15000} + \frac{1}{9437,27 \cdot 15000} \right] = 1,012$$

$$- m = u - \sqrt{u^2 - 1} = 1,012 - \sqrt{1,012^2 - 1} = 0,855$$

- n = 15 (tebak jumlah baut)

$$- C_g = \left[\frac{m(1-m^{2n})}{n(1+R_{EA} m^{2n})(1+m) - 1 + m^{2n}} \right] \left[\frac{1+R_{EA}}{1-m} \right]$$

$$= \left[\frac{0,855(1-0,855^{30})}{15(1+1,0 \times 0,855^{30})(1+0,855) - 1 + 0,855^{30}} \right] \left[\frac{1+1,0}{1-0,855} \right]$$

$$= 0,312$$

Faktor Koreksi

$$- C_{\Delta} = 0,571$$

$$- C_g = 0,312$$

- CM = 1,0 → lihat SNI 7973-2013, pasal 10.3.3

- $C_t = 1,0 \rightarrow$ lihat SNI 7973-2013, pasal 10.3.4
- $\lambda = 0,8 \rightarrow$ lihat SNI 7973-2013, pasal 10.3.9
- $C_{eg} = 1,0 \rightarrow$ lihat SNI 7973-2013, pasal 11.5.2
- $C_{di} = 1,0 \rightarrow$ lihat SNI 7973-2013, pasal 11.5.3
- $C_{tn} = 1,0 \rightarrow$ lihat SNI 7973-2013, pasal 11.5.4
- $K_F = 3,32 \rightarrow$ lihat tabel 1, keberlakuan faktor koreksi
- $\Phi_z = 0,65 \rightarrow$ lihat tabel 1, keberlakuan faktor koreksi

Analisa Kekuatan Satu Baut (Ganda)

- $K_0 = 1 + 0,25(0/90) = 1 + 0,25(0/90) = 1,0$
- $K_3 = -1 + \sqrt{\frac{2(1+R_e)}{R_g} + \frac{2F_{Tb}(2+R_e)D^3}{3F_{em}d^3}} = -1 + \sqrt{\frac{2(1+1,0)}{1,0} + \frac{2 \times 308 (2+1,0) 28^3}{3 \times 49,27 \times 300^3}} = 1,024$
- $Z_{Im} = \frac{D \cdot 4F_{em}}{R_d} = \frac{28 \times 300 \times 49,27}{4 \times R_g} = 84881,25 \text{ N}$
- $Z_{Is} = \frac{2D \cdot 4F_{em}}{R_d} = \frac{2 \times 28 \times 300 \times 49,27}{4 \times R_g} = 169762,5 \text{ N}$
- $Z_{IIs} = \frac{2K_3 \cdot D \cdot 4F_{em}}{(2+R_e)R_d} = \frac{2 \times 1,024 \times 28 \times 300 \times 49,27}{(2+1,0) \cdot 2 \cdot 2 \times R_g} = 72406,352 \text{ N}$
- $Z_{IV} = \frac{2D^3}{R_d} \sqrt{\frac{2F_{em}F_{Tb}}{3(1+R_e)}} = \frac{2 \times 28^3}{2 \cdot 2 \times R_g} \sqrt{\frac{2 \times 49,27 \times 308}{3 \times (1+1,0)}} = 26716,865 \text{ N}$
- $Z = Z_{IV} = 26716,865 \text{ N}$ (diambil yang terkecil)

Hasil Perhitungan

- $Z' = Z \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_g \cdot C_{\Delta} \cdot C_{eg} \cdot C_{di} \cdot C_{tn} \cdot K_F \cdot \Phi_z$
 $= 26716,865 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,312 \times 0,571 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 3,32 \times 0,65$
 $= 8222,232 \text{ N}$
- $n_{perlu} = \frac{T_u}{Z'} = \frac{124000}{8222,232} = 15,081 \sim 16$ buah, dicoba lagi dengan $n = 17$ baut

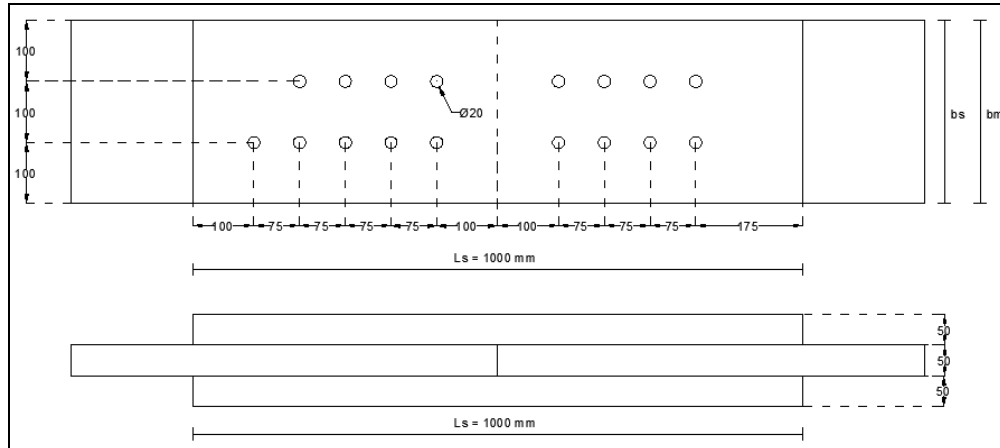
Perhitungan Perubahan Nilai C_g

- $C_g = \left[\frac{m(1 - m^{2n})}{m(1 + R_{Ed} \cdot m^n)(1 + m) - 1 + m^{2n}} \right] \left[\frac{1 + R_{Ed}}{1 - m} \right]$
 $= \left[\frac{0,999(1 - 0,999^{2 \times 17})}{17 \times (1 + 1,0 \times 0,999^{17})(1 + 0,999) - 1 + 0,999^{2 \times 17}} \right] \left[\frac{1 + 1,0}{1 - 0,999} \right]$
 $= 0,279$
- $Z' = Z \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_g \cdot C_{\Delta} \cdot C_{eg} \cdot C_{di} \cdot C_{tn} \cdot K_F \cdot \Phi_z$
 $= 26716,865 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,279 \times 0,571 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 3,32 \times 0,65$
 $= 7350,384 \text{ N}$

- $n_{\text{perlu}} = \frac{T_u}{\phi F_t} = \frac{124000}{7350,384} = 16,870 \sim 17$ buah, sesuai dengan baut pasang $n = 17 \rightarrow$ PAS !

- $T_n = Z' \times n = 7350,384 \times 17 = 124956,534 \text{ N} > T_u = 124000 \text{ N} \rightarrow$ OKE !

Gambar Sambungan



Gambar 9. Konfigurasi Sambungan Hasil Perhitungan Manual Batang Tarik.

Perhitungan Aplikasi

Berikut ini adalah hasil perhitungan aplikasi terhadap kasus diatas (kasus perhitungan sambungan batang tarik), dapat dilihat pada gambar 10. Adapun hasil gambar sambungan tampak atas oleh aplikasi dapat dilihat pada gambar 11 dan tampak samping oleh aplikasi pada gambar 12.

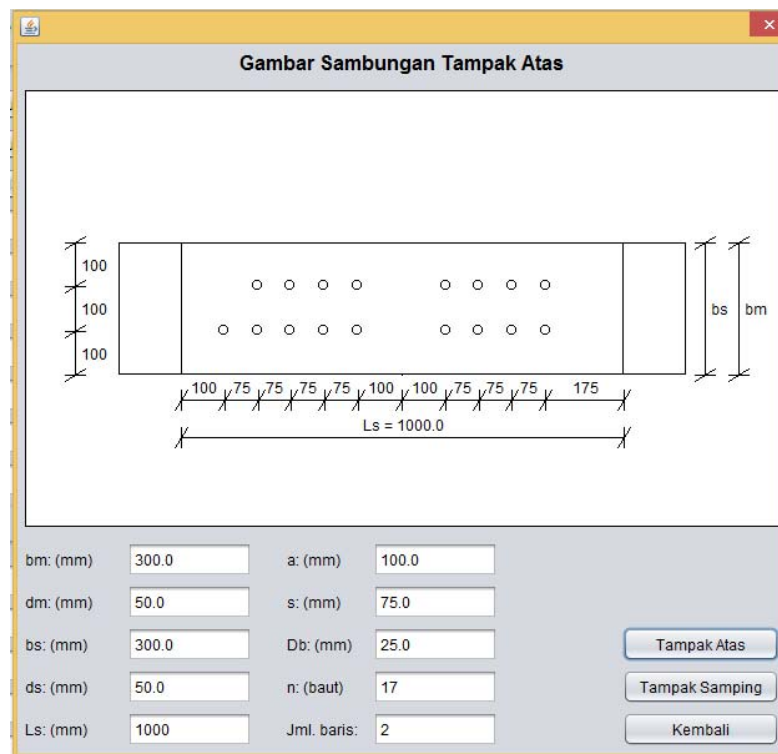
Perhitungan Sambungan

Menu

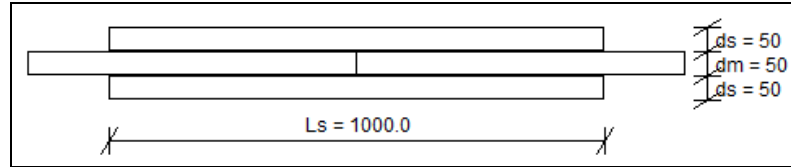
Perhitungan Sambungan Kayu Dengan Alat Sambung Baut Berdasarkan SNI 2013-7973

Data Material	Data Sambungan	Analisa Faktor Koreksi	Analisa Kekuatan Satu Baut
Kayu Utama: 65. Kayu Bayur	Kayu Utama: 6. Kayu Bayur – 300.0 x 50.0	CM: 1.0	Re: 1.0
Penyambung: 65. Kayu Bayur	Penyambung: 6. Kayu Bayur – 300.0 x 50.0	Ct: 1.0	Rt: 1.0
Db: (mm)* 5. D25.0 – BJ37	be: (mm)* 300.0	Ceg: 1.0	K1: -
E: (MPa)* 9431.27	de: (mm)* 50.0	Ctn: 1.0	K2: -
Es: (MPa)* 9431.27	bs: (mm)* 300.0	Cdi: 1.0	K3: 1.024
G:* 0.573	ds: (mm)* 50.0	Pt: 0.65	Zim: (N) 84881.25
Gs:* 0.573	a: (mm)* 100.0	KF: 3.32	Zis: (N) 169762.5
Fem: (MPa)* 45.27	s: (mm)* 75.0	Lamda: 0.8	Ziil: (N) -
Fes: (MPa)* 45.27	T (Celcius)* 25.0	Cdlt: 0.571	Ziis: (N) 72406.352
Fyb: (MPa)* 310.0	Fbrkasi (%)* 19.0		Ziv: (N) 26716.865
	Layan (%)* 19.0		
	n: (baut)* 17		
	Geser:* <input checked="" type="radio"/> ganda <input type="radio"/> tunggal		
	Daun Kayu:* <input type="radio"/> lebar <input checked="" type="radio"/> jarum		
	Pengencang di luar serat ujung		
		Perhitungan Cg	
		REA: 0.5	
		g: 30750.0	
		u: 1.012	
		m: 0.855	
		Cg: 0.279	
			Hasil Perhitungan
			Z: (MPa) 7350.384
			n: (baut) 16.87 ~ 17
			Tn: (MPa) 124956.534
			Tu < Tn: Oke!

Gambar 10. Hasil Perhitungan Sambungan Batang Tarik oleh Aplikasi.



Gambar 11. Tampak Atas Sambungan Batang Tarik oleh Aplikasi.



Gambar 12. Tampak Samping Sambungan Batang Tarik oleh Aplikasi.

Kasus Sambungan Batang Tekan

Diketahui sambungan kayu geser tunggal dengan alat sambung baut. Kayu utama menggunakan kayu jabon dengan elastisitas 5439,64 MPa, berat jenis 0,423. Digunakan pelat penyambung baja (Fe = 600 MPa). Diasumsikan bahwa kadar air kayu 19% dan daun kayu bertipe lebar. Kayu utama mempunyai ukuran penampang 350 mm x 100 mm dan pelat baja 250 mm x 50 mm. Baut yang digunakan mempunyai diameter 20 mm dengan Fe = 500 MPa. Diasumsikan bahwa pengencang berada di luar serat ujung, temperatur ruangan adalah 26° C, dan bangunan berfungsi sebagai rumah tinggal. Berapakah jumlah baut yang diperlukan agar sambungan kokoh, bila beban aksial tekan yang bekerja adalah 3,5 ton beban mati, 1,5 ton beban hujan, 1 ton beban angin? Gambarkan sambungannya !

Perhitungan Manual

Berikut ini adalah hasil perhitungan manual terhadap kasus sambungan batang tarik. Adapun hasil gambar sambungan oleh perhitungan manual dapat dilihat pada gambar 13.

Data kayu utama:

- Em = 5439,64 Mpa
- Gm = 0,423
- bm = 350 mm
- dm = 100 mm
- Am = 350 x 100 = 35000 mm²
- Fem = 77 x Gm = 32,571 MPa
- Re = $\frac{Fem}{Fes} = \frac{32,571}{600} = 0,054$

Data kayu utama:

- Es = 210000 Mpa
- Gs = 7,8
- bs = 250 mm
- ds = 50 mm
- As = 250 x 50 = 12500 mm²
- Fes = 600 MPa
- Rt = $\frac{Em}{Es} = \frac{5439,64}{210000} = 0,026$

Data baut:

- D = 20 mm

- $F_{yb} = 500 \text{ MPa}$

Data beban:

- $T_D = -35000 \text{ KN}$; $T_R = -15000 \text{ KN}$; $T_W = -10000 \text{ KN}$

$$- T_{u1} = \frac{1,4 T_D}{\lambda} = \frac{1,4 \times 35000}{0,6} = -81666,667 \text{ N}$$

$$- T_{u2} = \frac{1,2 T_D + 1,6 T_R + 0,8 T_W}{\lambda} = \frac{1,2 \times 35000 + 1,6 \times 15000 + 0,8 \times 10000}{0,8} = -92500 \text{ N}$$

$$- T_{u3} = \frac{1,2 T_D + 1,6 T_W + 0,8 T_R}{\lambda} = \frac{1,2 \times 35000 + 1,6 \times 10000 + 0,8 \times 15000}{1,0} = -59500 \text{ N}$$

- Yang terbesar adalah T_{u2} (abaikan tanda negatif), maka:

$$\lambda = 0,8 ; T_u = T_{u2} \times \lambda = 92500 \times 0,8 = -74000 \text{ N}$$

Penentuan Faktor Koreksi (C_λ)

- Beban tekan (sejajar serat) \rightarrow lihat SNI 7973-2013, pasal 11.5

- Digunakan $a = 80 \text{ mm}$, $s = 70 \text{ mm}$,

$$- C_{\Delta 1} = \frac{a}{4D} = \frac{80}{4 \times 20} = 1,0$$

$$- C_{\Delta 2} = \frac{s}{4D} = \frac{70}{4 \times 20} = 0,875$$

- $C_\Delta = C_{\Delta 1} = 0,875$ (ambil nilai terkecil)

Perhitungan Faktor C_g

$$- R_{EA} = \frac{E_m \cdot d_m}{E_g \cdot d_g} = \frac{2437,64 \times 35000}{210000 \times 12800} = 0,073 \text{ (terkecil antara } \frac{E_m \cdot d_m}{E_g \cdot d_g} \text{ atau } \frac{E_g \cdot d_g}{E_m \cdot d_m} \text{)}$$

$$- \gamma = 369 \times D^{1,5} = 369 \times 20^{1,5} = 33004,363$$

$$- u = 1 + \gamma \cdot \frac{s}{2} \left[\frac{1}{E_m \cdot d_m} + \frac{1}{E_g \cdot d_g} \right] = 1 + 33004,363 \cdot \frac{70}{2} \left[\frac{1}{2437,64 \times 35000} + \frac{1}{210000 \times 12800} \right] = 1,007$$

$$- m = u - \sqrt{u^2 - 1} = 1,007 - \sqrt{1,007^2 - 1} = 0,892$$

- $n = 12$ (tebak jumlah baut)

$$- C_g = \left[\frac{m(1-m^{2n})}{n(1+R_{EA} \cdot m^{2n})(1+m) - 1 + m^{2n}} \right] \left[\frac{1+R_{EA}}{1-m} \right]$$

$$= \left[\frac{0,892(1-0,892^{24})}{12 \times (1+0,073 \times 0,892^{24})(1+0,892) - 1 + 0,892^{24}} \right] \left[\frac{1+0,073}{1-0,892} \right]$$

$$= 0,374$$

Faktor Koreksi

- $C_{\Delta} = 0,875$
- $C_g = 0,401$
- $CM = 1,0 \rightarrow$ lihat SNI 7973-2013, pasal 10.3.3
- $C_t = 1,0 \rightarrow$ lihat SNI 7973-2013, pasal 10.3.4
- $\lambda = 0,8 \rightarrow$ lihat SNI 7973-2013, pasal 10.3.9
- $C_{eg} = 1,0 \rightarrow$ lihat SNI 7973-2013, pasal 11.5.2
- $C_{di} = 1,0 \rightarrow$ lihat SNI 7973-2013, pasal 11.5.3
- $C_{tn} = 1,0 \rightarrow$ lihat SNI 7973-2013, pasal 11.5.4
- $KF = 3,32 \rightarrow$ lihat tabel 1, keberlakuan faktor koreksi
- $\theta = 0,65 \rightarrow$ lihat tabel 1, keberlakuan faktor koreksi

Analisa Kekuatan Satu Baut (Ganda)

- $K_0 = 1+0,25(\theta/90) = 1+0,25(0/90) = 1,0$

$$- K_1 = \frac{\sqrt{R_p + 2R_p^2 (1+R_p+R_p^2) + R_p^2 R_p^2} - R_p (1+R_p)}{1+R_p}$$

$$= \frac{\sqrt{0,00412 \pi 0,004^2 (1+0,004+0,004^2) + 0,004^2 \pi 0,004^2} - 0,004 \pi (1+0,004)}{1+0,004}$$

$$= 0,145$$

$$- K_2 = -1 + \sqrt{2(1+R_p) + \frac{2F_{yb}(1+2R_p)D^2}{3F_{em}C_{th}}}$$

$$= -1 + \sqrt{2(1+0,054) + \frac{2 \pi 200 (1+2 \pi 0,054) \pi 20^2}{3 \pi 32,371 \pi 220^2}}$$

$$= 0,465$$

$$- K_3 = -1 + \sqrt{\frac{2(1+R_p)}{R_p} + \frac{2F_{yb}(2+R_p)D^2}{3F_{em}C_{th}}} = -1 + \sqrt{\frac{2(1+0,054)}{0,054} + \frac{2 \pi 200 (2+0,054) \pi 20^2}{3 \pi 32,371 \pi 220^2}} =$$

5,243

$$- Z_{Im} = \frac{D C_{tp} F_{em}}{R_d} = \frac{22 \pi 350 \pi 32,371}{4 \pi K_2} = 56999,25 \text{ N}$$

$$- Z_{Is} = \frac{2 D C_s F_{em}}{R_d} = \frac{2 \pi 22 \pi 220 \pi 32,371}{4 \pi K_2} = 750000 \text{ N}$$

$$- Z_{Ii} = \frac{k_a D C_s F_{em}}{R_d} = \frac{0,465 \pi 20 \pi 220 \pi 600}{3,6 \pi K_2} = 120998,297 \text{ N}$$

$$- Z_{IIIIm} = \frac{K_2 D C_s F_{em}}{(1+2R_p)R_d} = \frac{0,465 \pi 20 \pi 220 \pi 32,371}{(1+2 \pi 0,054) 3,6 \pi K_2} = 21337,67$$

$$- Z_{IIIIs} = \frac{2 K_2 D C_s F_{em}}{(2+R_p)R_d} = \frac{2 \pi 1,024 \pi 20 \pi 220 \pi 32,371}{(2+0,054) 3,6 \pi K_2} = 129892,526 \text{ N}$$

$$- Z_{IV} = \frac{2D^3}{R_d} \sqrt{\frac{2 F_{em} F_{yb}}{3(1+R_g)}} = \frac{2 \pi 20^3}{3,2 \pi R_g} \sqrt{\frac{2 \pi 32.871 \pi 880}{3 \pi (1+0,034)}} = 12684,867 \text{ N}$$

- Z = Z_{IV} = 12684,867 N (diambil yang terkecil)

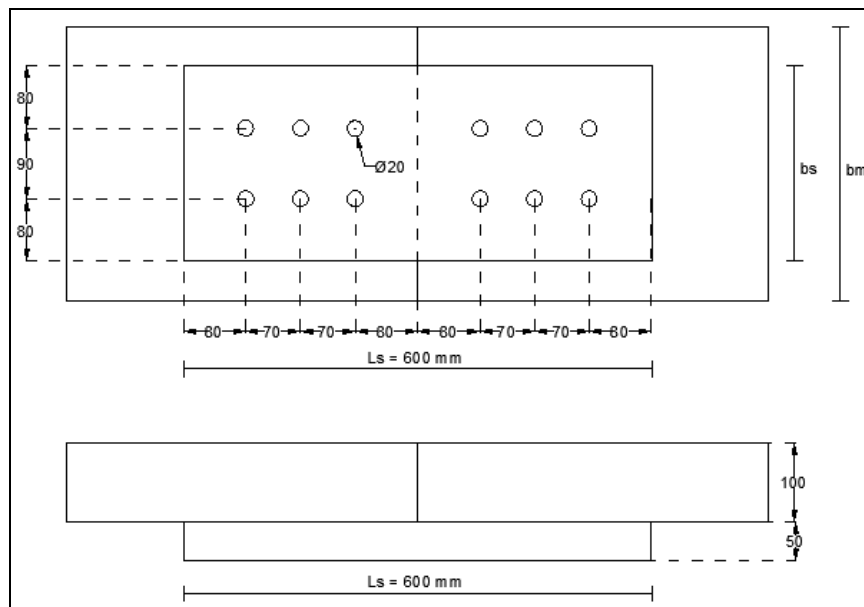
Hasil Perhitungan

$$\begin{aligned} - Z' &= Z \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_g \cdot C_{\Delta} \cdot C_{eg} \cdot C_{di} \cdot C_{tm} \cdot K_F \cdot \Phi_z \\ &= 12684,867 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,374 \times 0,875 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 3,32 \times 0,65 \\ &= 7171,274 \text{ N} \end{aligned}$$

$$- n_{\text{perlu}} = \frac{T_u}{Z'} = \frac{74000}{7171,274} = 10,319 \sim 11 \text{ buah, digunakan } n = 12 \text{ baut}$$

$$- T_n = Z' \times n = 7171,274 \times 12 = 86055,293 \text{ N} > T_u = 74000 \text{ N} \rightarrow \text{OKE !}$$

Gambar Sambungan



Gambar 13. Konfigurasi sambungan perhitungan 2 manual.

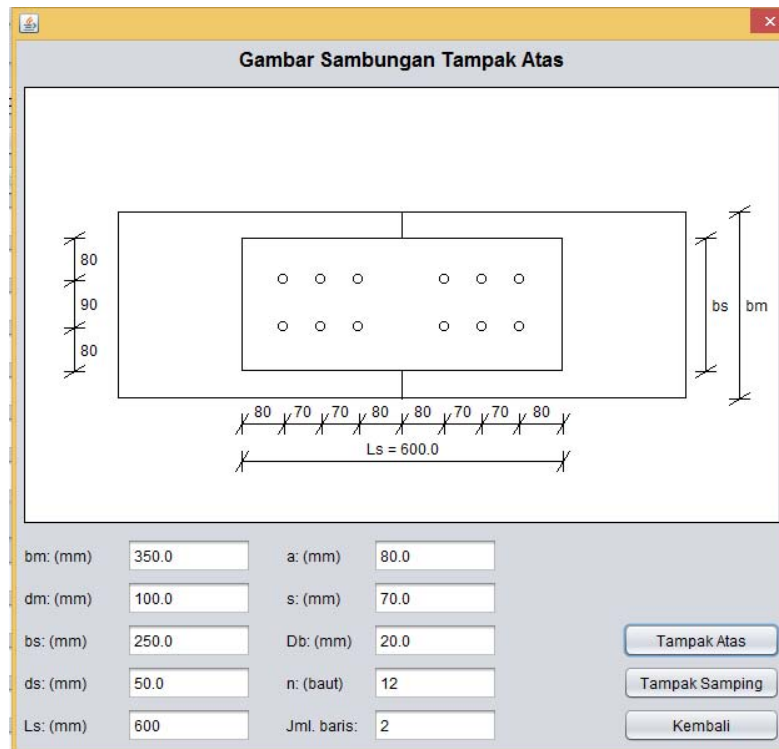
Perhitungan Aplikasi

Berikut ini adalah hasil perhitungan aplikasi terhadap kasus diatas (kasus perhitungan sambungan batang tarik), dapat dilihat pada gambar 14. Adapun hasil gambar sambungan tampak atas oleh aplikasi dapat dilihat pada gambar 15 dan tampak samping oleh aplikasi pada gambar 16.

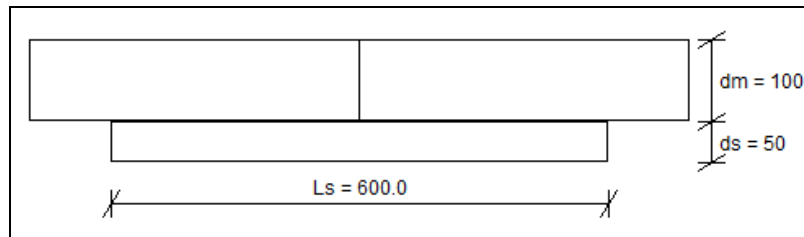
Perhitungan Sambungan Kayu Dengan Alat Sambung Baut Berdasarkan SNI 2013-7973

Data Material	Data Sambungan	Analisa Faktor Koreksi	Analisa Kekuatan Satu Baut
Kayu Utama: 19. Kayu Jabon	Kayu Utama: 5. Kayu Jabon -- 350.0 x 100.0	CM: 1.0	Re: 0.054
Penyambung: 1. Baja	Penyambung: 7. Baja -- 250.0 x 50.0	Ct: 1.0	Rt: 1.4
Db: (mm)* 4. D20.0 - BJ37	be: (mm)* 350.0	Ceg: 1.0	K1: 0.145
E: (MPa)* 5439.64	de: (mm)* 100.0	Ctn: 1.0	K2: 0.465
Es: (MPa)* 210000.0	bs: (mm)* 250.0	Cdi: 1.0	K3: 5.243
G: * 0.423	ds: (mm)* 50.0	Pl: 0.65	Zim: (N) 56999.25
Gs: * 7.8	a: (mm)* 80	KF: 3.32	Zis: (N) 750000.0
Fem: (MPa)* 32.571	s: (mm)* 70	Lamda: 0.8	Zii: (N) 120998.297
Fes: (MPa)* 600.0	T (Celcius)* 25.0	Cdit: 0.875	Ziim: (N) 21337.65
Fyb: (MPa)* 500.0	Fbrkasi (%)* 19.0		Ziis: (N) 129892.526
	Layan (%)* 16.0		Ziv: (N) 12684.867
	n: (baut)* 12	Perhitungan Cg	
	Geser: <input type="radio"/> ganda <input checked="" type="radio"/> tunggal	REA: 0.073	Hasil Perhitungan
	Daun Kayu: <input checked="" type="radio"/> lebar <input type="radio"/> jarum	g: 33004.363	Z: (MPa) 7171.274
	<input type="checkbox"/> Pengencang di luar serat ujung	u: 1.007	n: (baut) 10.319 ~ 11
		m: 0.892	Tn: (MPa) 86055.293
		Cg: 0.374	Tu < Tn: Oke!

Gambar 14. Hasil Perhitungan Sambungan 1 oleh Aplikasi.



Gambar 15. Tampak Atas Sambungan Perhitungan 2 oleh Aplikasi.



Gambar 16. Tampak Samping Sambungan Perhitungan 1 oleh Aplikasi.

5. KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil direncanakan dan dibuat suatu aplikasi yang mampu menghitung kekuatan sambungan dengan alat sambung baut berdasarkan peraturan SNI 7973-2013, mencetak hasil analisa sambungan, dan menggambarkan konfigurasi sambungan,
2. Telah direncanakan basis data yang terintegrasi pada aplikasi yang mampu menyimpan data material, data ukuran material, data baut, dan data sambungan (setelah analisa dilakukan).

DAFTAR PUSTAKA

1. Deitel, Paul dan Harvey Deitel, (2012). Java How To Program. Edisi Kesembilan United States: Prentice Hall.
2. Frick, Heinz dan Pujo I. Setiawan, (2001). Ilmu Konstruksi Struktur Bangunan. Yogyakarta: Kanisius.
3. Goncalves, Antonio, (2010). Beginning Java™ EE 6 Platform with GlassFish™ 3. Edisi Kedua. United States: Apress.
4. Horstmann, Cay S. dan Gary Cornell, (2007). Core Java Volume I Fundamentals. Edisi Kedelapan. San. Francisco: Prentice Hall.
5. Pressman, Roger S., (1997). Software Engineering. Edisi Keempat. New York: McGraw-Hill.
6. Pressman, Roger S., (2001). Software Engineering. Edisi Kelima. New York: McGraw-Hill.
7. SNI 7973-2013, (2013). Spesifikasi Desain Untuk Konstruksi Kayu. Jakarta: Badan Standar Nasional Indonesia.
8. Wijaya, Michael (2014). Perancangan Perangkat Lunak Perencanaan Sambungan Kayu Berdasarkan SNI 7973-2013 Dengan Alat Sambung Baut, Tugas Akhir S1,

Program Studi Double Degree Teknik Sipil – Sistem Informasi, Universitas
Kristen Maranatha, Bandung.

9. Yap, K. H. Felix, (1993). Konstruksi Kayu. Jakarta: Binacipta.