

PERBANDINGAN PERENCANAAN SAMBUNGAN KAYU DENGAN BAUT DAN PAKU BERDASARKAN PKKI 1961 NI-5 DAN SNI 7973:2013

Eman¹, Budisetyono² dan Ruslan³

ABSTRAK : Seiring perkembangan teknologi, manusia mulai beralih menggunakan material baja dan beton, tetapi di daerah yang sulit untuk membuat bangunan dari beton atau baja, solusinya dapat menggunakan material kayu. Kayu memiliki kelemahan yaitu mempunyai panjang yang terbatas sehingga diperlukan sambungan. Sambungan baut dan paku telah diatur dalam PKKI 1961 NI-5 dan disempurnakan dalam SNI 7973:2013. Struktur yang ditinjau berupa sambungan batang kayu dan diasumsikan sebagai atap rangka batang yang terlindung dan balok yang terlindung. Beban yang diberikan berupa beban terpusat dan beban merata, yang terdiri dari beban mati, beban hidup di atas atap, beban hidup, beban hujan, dan beban angin. Semakin besar diameter baut dan paku yang digunakan maka jumlah baut dan paku akan sama dengan peraturan PKKI 1961 NI-5 dan SNI 7973:2013 (untuk DTI). Sedangkan semakin kecil diameter baut yang digunakan dengan SNI 7973:2013 (untuk DFBK) maka jumlah baut akan lebih sedikit dari PKKI 1961 NI-5 dan semakin kecil diameter paku yang digunakan dengan PKKI 1961 NI-5 maka jumlah paku akan lebih sedikit dari SNI 7973:2013 (untuk DFBK).

KATA KUNCI: kayu, perbandingan, baut, paku, PKKI 1961 NI-5, SNI 7973:2013.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi, manusia mulai beralih menggunakan material baja dan beton, tetapi di daerah dimana bahan beton dan baja sulit diperoleh untuk membuat bangunan dari beton atau baja, bangunan kayu merupakan solusinya karena dapat menggunakan material lokal seperti kayu. Adapun kelemahan yang dimiliki oleh kayu yaitu sifat kurang homogen karena adanya cacat alam seperti arah serat yang berbentuk diagonal, *wanflak* atau pinggul, dan mata kayu. Selain itu kayu juga mempunyai panjang yang terbatas. Oleh karena panjang yang terbatas maka diperlukan adanya sambungan agar panjang kayu dapat tetap sesuai dengan yang direncanakan. Penyambungan yang dilakukan memerlukan alat penyambung agar sambungan yang dihasilkan dapat berfungsi dengan baik. Oleh karena itu alat penyambung memegang peranan penting dalam konstruksi kayu. Alat penyambung yang dominan digunakan antara lain baut dan paku. Perencanaan alat penyambung dengan menggunakan baut dan paku telah diatur dalam PKKI 1961 NI-5. Namun seiring dengan kemajuan zaman dan ilmu pengetahuan maka diperlukan perubahan dan pengembangan dari PKKI 1961 NI-5. Oleh karena itu dikeluarkanlah peraturan baru mengenai perencanaan konstruksi kayu di Indonesia yang disusun yaitu RSNI T-02-2003 dan disempurnakan dalam SNI 7973:2013. Dalam skripsi ini mencoba membandingkan konsep peraturan SNI 7973:2013 dengan peraturan PKKI 1961 NI-5 dalam merencanakan alat penyambungan dengan menggunakan baut dan paku. Di dalam peraturan SNI 7973:2013 tidak lagi berdasarkan kelas mutu tetapi berdasarkan nilai desain acuan dan modulus elastisitas acuan (E) dan juga terdapat 2 konsep mendisain struktur kayu yaitu ASD dan

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, eman.christianto@yahoo.com

² Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, budiset@peter.petra.ac.id

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, ruslan@peter.petra.ac.id

LRFD, sedangkan PKKI 1961 NI-5 yang mengadopsi konsep ASD. Konsep ASD (*Allowable Stress Design*) adalah kekuatan nominal yang dibagi dengan faktor keamanan sedangkan konsep LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) adalah kekuatan nominal dikalikan dengan faktor-faktor resistensi yang terjadi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep Dasar PKKI 1961 NI-5 dan SNI 7973:2013

Secara umum, ada dua teori perencanaan yang digunakan dalam kedua peraturan yaitu metode ASD (*Allowable Stress Design*) dan LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). PKKI 1961 NI-5 menggunakan konsep ASD dan SNI 7973:2013 menggunakan kedua konsep tersebut ASD dan LRFD di dalam SNI 7973:2013 penamaannya berbeda ASD yaitu DTI (Desain Tegangan Ijin) dan LRFD yaitu DFBK (Desain Faktor Beban Ketahanan). Konsep ASD mengacu pada perencanaan elastis, dimana semua tegangan yang terjadi di bawah tegangan ijin. Tegangan ijin adalah tegangan leleh dibagi dengan angka keamanan. Konsep LRFD mengacu pada kekuatan nominal atau tegangan leleh yang dikalikan dengan faktor-faktor resistensi dan tegangan yang terjadi diperhitungkan terhadap kondisi batas. Kondisi batas adalah kondisi maksimum penampang untuk menahan tegangan yang terjadi di luar batas elastis yaitu pada daerah plastis.

2.2. Mutu Kayu dan Tegangan Yang Diijinkan Berdasarkan PKKI 1961 NI-5

Dalam PKKI 1961 NI-5, mutu kayu dibedakan menjadi dua macam, yaitu kelas mutu A dan kelas mutu B. Pada dasarnya pembagian kelas mutu kayu pada PKKI berdasarkan berat jenis kayu. Berat jenis (BD) kayu ialah BD dari kayu kering udara, yaitu kayu pada kadar air 15%. Akibat pengklasifikasian kelas mutu kayu menyebabkan tegangan yang diperkenankan/ tegangan ijin berbeda berdasarkan kelas mutu kayu. Untuk kayu bermutu A yang dipergunakan dalam konstruksi yang terlindung dan menahan muatan tetap/ permanen, tegangan yang diperkenankan/ tegangan ijinnya dikalikan dengan faktor 1. Konstruksi yang terlindung ialah konstruksi yang dilindungi dari perubahan udara yang besar, hujan dan matahari sehingga tidak akan menjadi basah dan kadar lengasnya tidak akan berubah-ubah. Untuk kayu bermutu B, tegangan yang diperkenankan/ tegangan ijinnya dikalikan dengan faktor 0.75. Jika dalam suatu jenis kayu terdapat beberapa kelas kekuatan, maka tegangan yang diperkenankan diambil berdasarkan kelas kekuatan yang terendah.

2.3. Modulus Elastisitas Lentur Acuan dan Berat Jenis berdasarkan SNI 7973:2013

Untuk nilai desain acuan (MPa) berdasarkan atas pemilahan secara mekanis dan visual. Besar Modulus elastisitas lentur dapat dihitung dengan rumus : $16000 \times G_s^{0.7}$. Berat jenis kayu dapat dilihat pada lampiran 4 (daftar Kayu Indonesia yang Terpenting).

2.4. Perencanaan Sambungan Menurut PKKI 1961 NI-5 dan SNI 7973:2013

Perencanaan sambungan pada PKKI 1961 NI-5 harus direncanakan agar $S_u \leq n \times \bar{S}$ sedangkan perencanaan sambungan pada SNI 7973:2013 harus direncanakan agar $Z_u \leq Z' \times nf$ dimana:

- S_u = Besar beban yang terjadi, kg
- \bar{S} = Kekuatan sambungan, kg
- Z_u = Besar beban yang terjadi, N
- Z' = Nilai desain terkoreksi, N
- n = Jumlah alat penyambung
- nf = Jumlah alat penyambung

Pada penelitian ini, sambungan yang ditinjau adalah sebagai berikut :

Sambungan Baut

Pada PKKI 1961 NI-5 dan SNI 7973:2013, sambungan dengan baut dibagi menjadi sambungan dengan baut bertampang satu dan bertampang dua serta diperhitungkan untuk menahan beban yang sejajar serat, tegak lurus, dan membentuk sudut terhadap serat kayu. Untuk PKKI 1961 NI-5, kekuatan sambungan dibagi tiga golongan menurut kekuatan kayu yaitu golongan I, II, III sedangkan SNI 7973:2013 nilai desain terkoreksi diperoleh dari perkalian nilai desain lateral acuan dengan faktor koreksi.

Sambungan Paku

Pada PKKI 1961 NI-5 dan SNI 7973:2013, sambungan dengan paku dibagi menjadi sambungan dengan paku bertampang satu dan bertampang dua serta diperhitungkan untuk menahan beban yang sejajar serat, tegak lurus, dan membentuk sudut terhadap serat kayu. Untuk PKKI 1961 NI-5, diberikan tabel untuk mendapatkan nilai dari beban yang diperkenankan per paku sedangkan SNI 7973:2013 nilai desain terkoreksi diperoleh dari perkalian nilai desain lateral acuan dengan faktor koreksi.

2.5. Faktor-Faktor Koreksi Menurut SNI 7973:2013

Pada SNI 7973:2013 terdapat 2 konsep yaitu DTI dan DFBK.

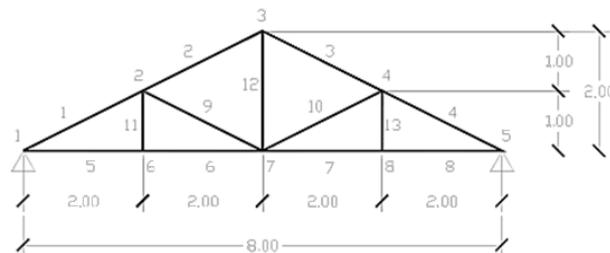
- Untuk DTI faktor koreksinya yaitu : faktor durasi beban (C_D), faktor layan basah (C_M), faktor temperatur (C_t), faktor aksi kelompok (C_g), faktor geometri (C_Δ), faktor serat ujung (C_{eg}), faktor diafragma (C_{di}), dan faktor ujung paku (C_{tn}).
- Untuk DFBK faktor koreksinya yaitu : faktor layan basah (C_M), faktor temperatur (C_t), faktor Aksi Kelompok (C_g), faktor geometri (C_Δ), faktor serat ujung (C_{eg}), faktor diafragma (C_{di}), faktor ujung paku (C_{tn}), faktor koversi format (K_F), faktor Ketahanan (ϕ), dan faktor Efek Waktu (λ).

2.6 Kombinasi Pembebanan Menurut PKKI 1961 NI-5 dan SNI 7973:2013

Menurut PKKI 1961 NI-5 tidak ada kombinasi pembebanan, tetapi dibagi terhadap muatan tetap saja dan terhadap muatan tetap dengan muatan sementara. Sedangkan menurut SNI 7973:2013, kombinasi pembebanannya dibagi dua konsep yaitu DTI dan DFBK.

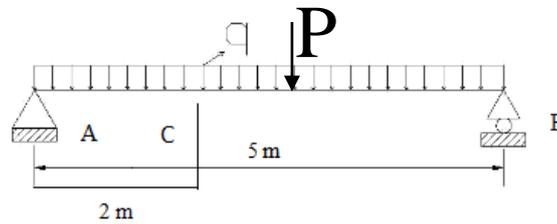
3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini sambungan kayu akan diuji terhadap beban tarik, tekan, lentur dan lentur aksial dan menggunakan 2 peraturan yaitu PKKI 1961 NI-5 dan SNI 7973:2013. Untuk batang tekan dan tarik menggunakan kayu dengan ukuran 6/20 dan model kuda-kuda yang berdiri di atas 2 perletakan sendi yang bentangnya 8 m dan tinggi 2 m, menerima beban terpusat di tiap titik buhulnya dan tidak memiliki cacat kayu serta jarak antar kuda-kuda adalah 4 m, seperti digambarkan pada **Gambar 1** dan beban yang digunakan yaitu beban mati (D) yang besarnya 610.58 kg, beban hidup diatas atap (L_a) besarnya adalah 100 kg, beban angin (W) besarnya adalah 40 kg/m², dan beban hujan (H) besarnya adalah 20 kg/m².



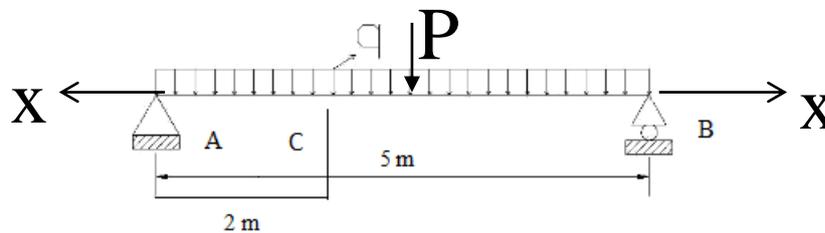
Gambar 1. Pemodelan Konstruksi Rangka Kuda-Kuda

Sedangkan untuk beban lentur diambil contoh perhitungan dengan sebuah balok loteng yang terletak di atas 2 perletakan sederhana (*simply supported*) yang berdiri di atas 2 perletakan sendi yang bentangnya 5 m, menerima beban merata dan beban terpusat, seperti digambarkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Pemodelan Struktur Balok Tunggal

Untuk beban lentur-aksial diambil Untuk contoh perhitungan dengan sebuah balok loteng yang terletak di atas 2 perletakan sederhana (*simply supported*) yang berdiri di atas 2 perletakan sendi yang bentangnya 5 m, menerima beban merata dan beban terpusat, seperti digambarkan pada **Gambar 3**.

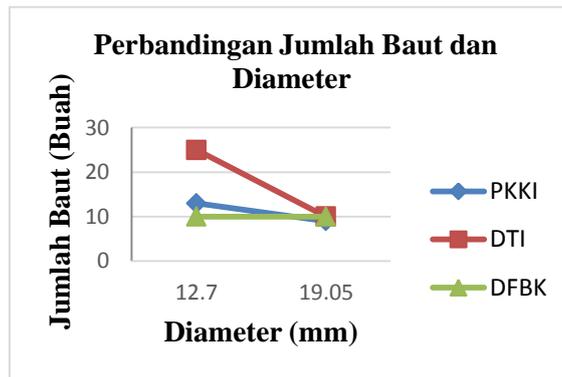


Gambar 3. Pemodelan Struktur Balok Tunggal

Batang lentur dan kombinasi lentur dan aksial menggunakan kayu ukuran 6/20, kombinasi beban merata dan terpusat. Beban merata, yaitu beban mati (D) yang besarnya 10 kg/m^2 , beban hidup (L) besarnya 80 kg/m^2 dan beban angin (W) besarnya 15 kg/m^2 . Beban terpusat, yaitu beban mati (D) yang besarnya 10 kg dan beban hidup (L) yang besarnya 40 kg dan gaya tarik aksial berasal dari beban angin sebesar 75 kg , dengan asumsi beban angin yang terjadi sebesar 15 kg/m^2 dan luas bidang sentuh sebesar $5 \times 2 \text{ m}^2$. Pada penelitian ini, perencanaan sambungan dengan baut dan paku akan diperhitungkan secara umum yang meliputi beberapa kriteria perbandingan yaitu jenis kayu, berat jenis, kelas kuat kayu, modulus elastisitas dan lain sebagainya. Setelah dibandingkan secara umum, barulah kemudian dibandingkan secara khusus pada masing-masing sambungan. Pada sambungan baut dengan PKKI 1961 NI-5, kekuatan sambungan didasarkan pada pembagian golongan kelas kuat kayu dan pada penelitian ini digunakan golongan I. Pada sambungan paku menggunakan tabel beban yang diperkenankan per paku dan jika tidak sesuai dengan tabel dapat menggunakan rumus. Sedangkan sambungan baut dan paku dengan SNI 7973:2013, untuk menghitung nilai desain terkoreksi yaitu dengan mengalikan nilai desain lateral acuan dengan faktor koreksi. Untuk nilai desain lateral acuan dapat menggunakan rumus yang tersedia.

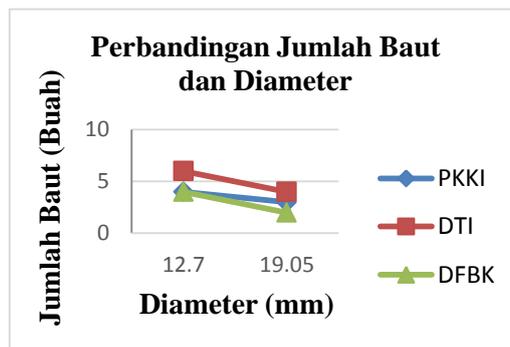
4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Untuk sambungan baut akibat beban tekan bertampang satu dengan ukuran kayu utama yaitu 6/20 cm dan ukuran kayu penyambung yaitu 3/20 cm dan gaya beban 0° terhadap serat kayu. Beban tekan yang bekerja berdasarkan peraturan PKKI 1961 NI-5 yaitu 2337.98 kg dan SNI 7973:2013, untuk DTI yaitu 23379.8 N dan DFBK yaitu 29518.5 N menghasilkan hubungan antara jumlah baut dan diameter yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 4**.



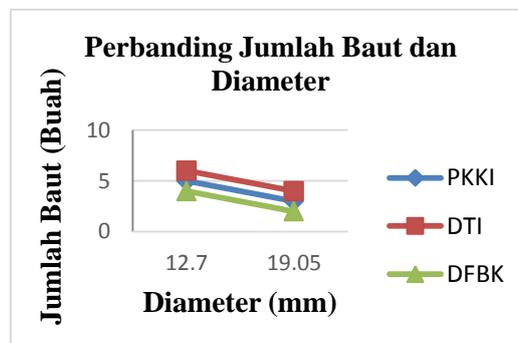
Gambar 4. Grafik Perbandingan Jumlah Baut dan Diameter untuk Kayu Bertampang Satu Membentuk Sudut 0° terhadap Serat Kayu akibat Beban Tekan.

Untuk sambungan baut akibat beban tekan bertampang dua dengan ukuran kayu utama yaitu 6/20 cm dan ukuran kayu penyambung yaitu 2 x 3/20 cm dan gaya beban 26.56° terhadap serat kayu. Beban tekan yang bekerja berdasarkan peraturan PKKI 1961 NI-5 yaitu 2337.98 kg dan SNI 7973:2013, untuk DTI yaitu 23379.8 N dan DFBK yaitu 29518.5 N menghasilkan hubungan antara jumlah baut dan diameter yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 5**.



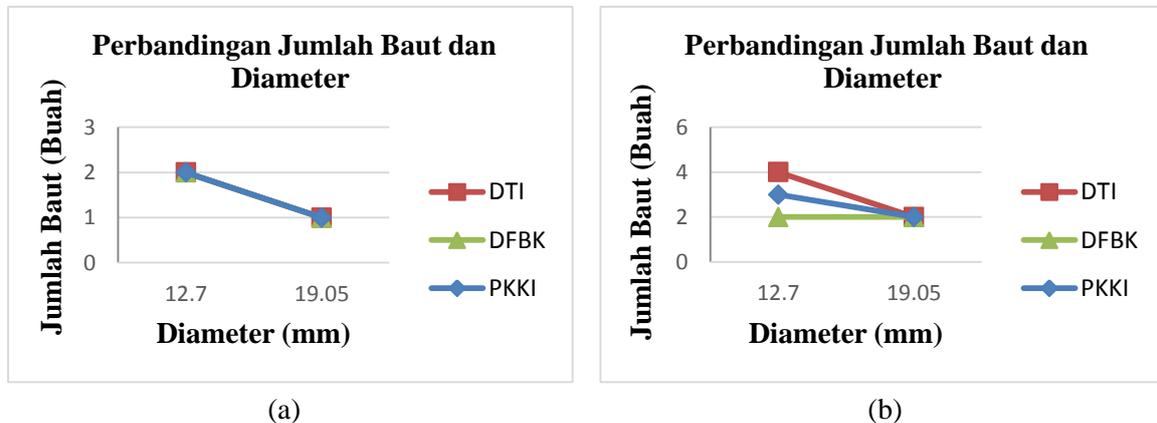
Gambar 5. Grafik Perbandingan Jumlah Baut dan Diameter untuk Kayu Bertampang Dua Membentuk Sudut 26.56° terhadap Serat Kayu akibat Beban Tekan.

Untuk sambungan baut akibat beban tarik bertampang satu dengan ukuran kayu utama yaitu 6/20 cm dan ukuran kayu penyambung yaitu 3/20 cm dan gaya beban 0° terhadap serat kayu. Beban tarik yang bekerja berdasarkan peraturan PKKI 1961 NI-5 yaitu 777.72 kg dan SNI 7973:2013, untuk DTI yaitu 7777.2 N dan DFBK yaitu 9752.2 N menghasilkan hubungan antara jumlah baut dan diameter yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 6**.



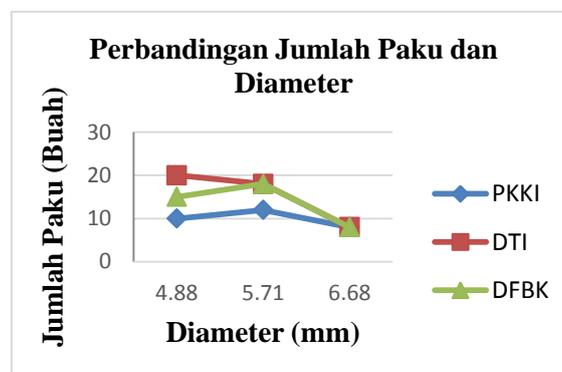
Gambar 6. Grafik Perbandingan Jumlah Baut dan Diameter untuk Kayu Bertampang Satu Membentuk Sudut 0° terhadap Serat Kayu akibat Beban Tarik.

Untuk sambungan baut akibat beban tarik bertampang dua dengan ukuran kayu utama yaitu 6/20 cm dan ukuran kayu penyambung yaitu 2 x 3/20 cm dan gaya beban 26.56° dan 90° terhadap serat kayu. Beban tarik yang bekerja berdasarkan peraturan PKKI 1961 NI-5 yaitu 777.72 kg dan SNI 7973:2013, untuk DTI yaitu 7777.2 N dan DFBK yaitu 9752.2 N menghasilkan hubungan antara jumlah baut dan diameter yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 7a** dan **Gambar 7b**.



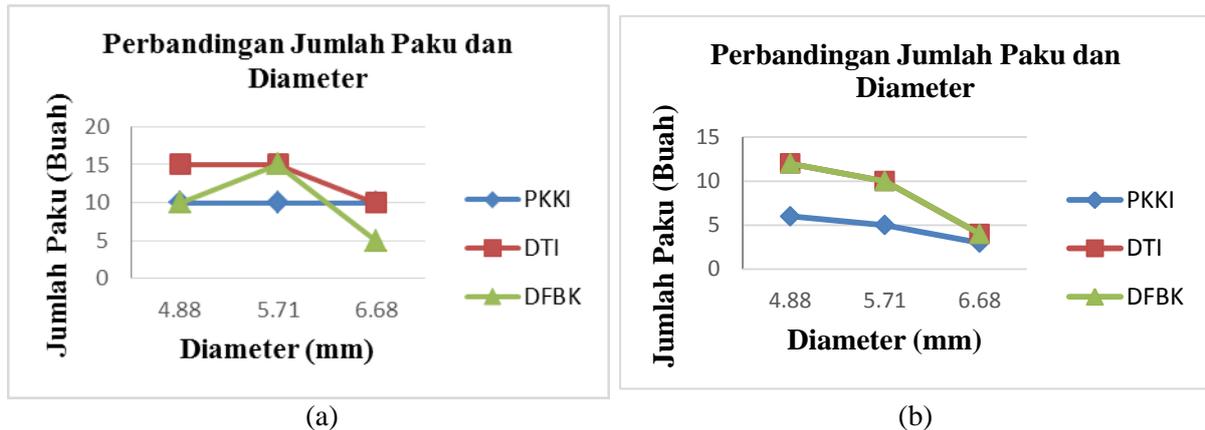
Gambar 7. (a) Grafik Perbandingan Jumlah Baut dan Diameter untuk Kayu Bertampang Dua Membentuk Sudut 26.56° dan (b) Grafik Perbandingan Jumlah Baut dan Diameter untuk Kayu Bertampang Dua Membentuk Sudut 90° terhadap Serat Kayu akibat Beban Tarik.

Untuk sambungan paku akibat beban tarik bertampang satu dengan ukuran kayu utama yaitu 6/20 cm dan ukuran kayu penyambung yaitu 3/20 cm dan gaya beban 0° terhadap serat kayu. Beban tarik yang bekerja berdasarkan peraturan PKKI 1961 NI-5 yaitu 777.72 kg dan SNI 7973:2013, untuk DTI yaitu 7777.2 N dan DFBK yaitu 9752.2 N menghasilkan hubungan antara jumlah paku dan diameter yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 8**.



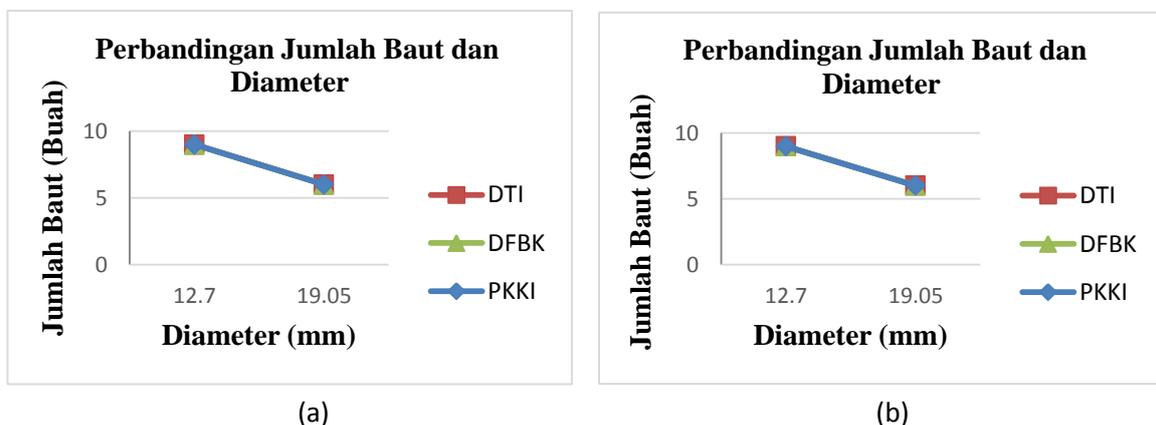
Gambar 8. Grafik Perbandingan Jumlah Paku dan Diameter untuk Kayu Bertampang Satu Membentuk Sudut 0° terhadap Serat Kayu akibat Beban Tarik.

Untuk sambungan paku akibat beban tarik bertampang dua dengan ukuran kayu utama yaitu 6/20 cm dan ukuran kayu penyambung yaitu 2 x 3/20 cm dan gaya beban 26.56° dan 90° terhadap serat kayu. Beban tarik yang bekerja berdasarkan peraturan PKKI 1961 NI-5 yaitu 777.72 kg dan SNI 7973:2013, untuk DTI yaitu 7777.2 N dan DFBK yaitu 9752.2 N menghasilkan hubungan antara jumlah paku dan diameter yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 9a** dan **Gambar 9b**.



Gambar 9. (a) Grafik Perbandingan Jumlah Paku dan Diameter untuk Kayu Bertampang Dua Membentuk Sudut 26.56° dan (b) Grafik Perbandingan Jumlah Paku dan Diameter untuk Kayu Bertampang Dua Membentuk Sudut 90° terhadap Serat Kayu akibat Beban Tarik

Untuk sambungan baut akibat beban lentur bertampang dua dengan ukuran kayu utama yaitu 6/20 cm dan ukuran kayu penyambung yaitu 2 x 3/20 cm dan gaya beban 90° terhadap serat kayu. Beban lentur yang bekerja berdasarkan peraturan PKKI 1961 NI-5 yaitu $M = 215 \text{ kgm}$ dan $P = 50 \text{ kg}$ dan SNI 7973:2013, untuk DTI yaitu $M = 1.7 \times 10^6 \text{ Nmm}$ dan $P = 500 \text{ N}$ dan DFBK yaitu $M = 2.56 \times 10^6 \text{ Nmm}$ dan $P = 760 \text{ N}$ menghasilkan hubungan antara jumlah baut dan diameter yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 10 a. Untuk sambungan baut akibat beban lentur-aksial bertampang dua dengan ukuran kayu utama yaitu 6/20 cm dan ukuran kayu penyambung yaitu 2 x 3/20 cm dan gaya beban 90° terhadap serat kayu. Beban lentur yang bekerja berdasarkan peraturan PKKI 1961 NI-5 yaitu $M = 215 \text{ kgm}$, $P = 50 \text{ kg}$ dan $X = 75 \text{ kg}$ dan SNI 7973:2013, untuk DTI yaitu $M = 1.7 \times 10^6 \text{ Nmm}$, $P = 500 \text{ N}$ dan $X = 750 \text{ N}$ dan DFBK yaitu $M = 2.56 \times 10^6 \text{ Nmm}$, $P = 760 \text{ N}$ dan $X = 750 \text{ N}$ menghasilkan hubungan antara jumlah baut dan diameter yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 10 b.



Gambar 10. (a) Grafik Perbandingan Jumlah Baut dan Diameter untuk Kayu Bertampang Dua Membentuk Sudut 90° terhadap Serat Kayu Akibat Beban Lentur dan (b) Grafik Perbandingan Jumlah Baut dan Diameter untuk Kayu Bertampang Dua Membentuk Sudut 90° terhadap Serat Kayu akibat Beban Lentur-Aksial

5. KESIMPULAN

Dari perbandingan perencanaan sambungan baut dan paku berdasarkan peraturan PKKI 1961 NI-5 dan SNI 7973:2013 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin besar diameter baut yang digunakan maka jumlah baut berdasarkan peraturan PKKI 1961 NI-5 akan sama dengan peraturan SNI 7973:2013 (khususnya DTI).

2. Untuk peraturan SNI 7973:2013 (khususnya DFBK), semakin kecil diameter baut yang digunakan menghasilkan jumlah baut lebih sedikit dari PKKI 1961 NI-5.
3. Semakin besar diameter paku yang digunakan maka jumlah paku berdasarkan peraturan PKKI 1961 NI-5 akan sama dengan peraturan SNI 7973:2013 (khususnya DTI).
4. Untuk peraturan PKKI 1961 NI-5, semakin kecil diameter paku yang digunakan menghasilkan jumlah paku lebih sedikit dari SNI 7973:2013 (khususnya DFBK).

6. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 7973: 2013 Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu*. Jakarta.
- Indonesia Departemen Pekerjaan Umum. (1979). *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia 1961 NI-5*. Bandung. Direktorat Jendral Cipta Karya Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.