

## Pengaruh Ukuran serta Sudut Pemasangan Pin terhadap Kekuatan Sambungan Tulang Pasca Fraktur

Rusrial<sup>1\*)</sup>, Gunawarman<sup>1)</sup> dan Jon Affi<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang

Email: rusrial@gmail.com<sup>\*</sup>

### **Abstrak**

Peningkatan jumlah patah tulang karena kecelakaan lalu lintas membutuhkan teknologi implan yang lebih baik. Penanganan patah tulang biasanya dengan menggunakan material implan seperti plat dan pin sebagai fiksasi. Pemasangan material implan ini menimbulkan beberapa masalah seperti terjadinya infeksi karena luasnya kontak material implan dan jaringan hidup. Pemasangan dan pelepasan pin dan plat memerlukan dua kali proses operasi sehingga biaya penanganan pasca fraktur menjadi tinggi dan masa penyembuhan menjadi lama. Penggunaan pin adalah solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut terutama pada patah tulang jenis *oblique*. Namun, pin tetap harus dapat mempertahankan posisi tulang selama masa penyembuhan (*immobilisasi*) yaitu pemasangan pin harus sesuai dengan karakteristik patah. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan kekuatan sambungan tulang yang optimum. Sehingga masa penyembuhan lebih singkat, mengurangi biaya pengobatan serta mengurangi resiko infeksi terhadap pasien. Preparasi sambungan tulang dilakukan dalam beberapa tahapan pemotongan, pengeboran dan pemasangan pin pada tulang. Kekuatan sambungan dilihat dengan menggunakan mesin uji tarik menggunakan *universal testing machine*. Pengamatan struktur mikro tulang diamati dengan mikroskop optik logam, *scanning electron microscope* yang dilengkapi dengan electron dispersive X-Ray microanalizer. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan sambungan yang lebih baik adalah dengan sudut pemasangan 90° dari permukaan patah. Kekuatan tarik rata-rata tulang dengan pemasangan pin bersudut 90° adalah sebesar  $2,02 \pm 0,96$  MPa dengan diameter pin 1,5 mm. Kekuatan tarik tulang sudut 45° adalah sebesar  $2,87 \pm 1,06$  MPa dengan diameter pin 1 mm. Ini menunjukkan bahwa pengaruh sudut pemasangan pin tidak berpengaruh signifikan terhadap kekuatan sambungan tulang. Modulus elastisitas pada sudut 90° sebesar  $8,5 \pm 2,83$  GPa dengan diameter pin 1,5 mm dan jumlah pin 2 buah. Pada sudut 45° modulus elastisitas sebesar  $7,6 \pm 0,4$  GPa. Bentuk tulang setelah pengujian tarik dan lentur tidak mengalami perubahan ukuran penampang pada daerah patahan.

**Kata kunci:** *ortopedik, sifat mekanik, oblique, struktur tulang.*

### **Abstract**

*An increase of bone fractures due to accident requires improved orthopedic implant technology. The certain type of implant fixation is the using of combination several implants material such as plate and pins. The fixation of the implant material has triggered a new problem as infection due to larger contact of the inserted implant material with the tissue. The fixation and release of the pins and plate also require two times surgery process and therefore cost of handling after fracture be high and consume longer healing time. The use of the pins without plate is a solution for encounter that problem especially for oblique fractures. However, the pin must be maintain the position of the bone during the healing period (*immobilization*) i.e mounting pin should be appropriate with the characteristics of the fracture. The research was performed to obtain optimum strength joint with shorter healing period lower surgery cost namely by minimizing the number of the dissection. Preparation of bone joints was performed with several stages including cutting, drilling and mounting pins on the bone. The strength of bone joint was evaluated using a tensile test on a universal testing machine. The fracture surface after tensile test was observed with an optical microscope and scanning electron microscope equipped with electron dispersive X-ray microanalizer. The results showed a better joint strength is resulted with the mounting angle of 90° or fixed perpendicular with the fracture surface. The average strength of bone fixed with pin at 90° is  $2.02 \pm 0.96$  MPa with a pin diameter of 1.5 mm. Whereas, the average tensile strength of bone fixed with pins 45° is  $2.87 \pm 1.06$  MPa with a pin diameter of 1 mm. It is concluded that angle of fixation pin no effect significant against the strength of bone joint. Modulus elasticity of the bone fixed with pins at 90° and 45° are  $8.5 \pm 2.83$  GPa and of  $7.6 \pm 0.4$  GPa respective. The deep observation showed that there is no significant changes in size and diameter of bone after tensile test and bending test.*

**Keywords:** *Orthopedic, mechanical properties, oblique, bone structure.*

## 1. Pendahuluan

Dalam penanganan patah tulang, saat ini penyambungan kembali biasanya dengan menggunakan material implan seperti pin dan plat. Namun pemasangan pin dan plat ini dapat menimbulkan masalah pada pasien seperti terjadinya infeksi karena jaringan hidup berkontak langsung dengan logam secara luas. Masa penyembuhan akan menjadi lama karena memerlukan operasi dua kali saat pemasangan dan melepaskan material implan tersebut setelah tulang tersambung. Penggunaan pin tanpa menggunakan plat adalah solusi yang dapat dilakukan untuk penyambungan tulang terutama patah tulang jenis *oblique*. Penyambungan menggunakan pin tanpa menggunakan plat ini maka masalah-masalah tersebut akan dapat diatasi.

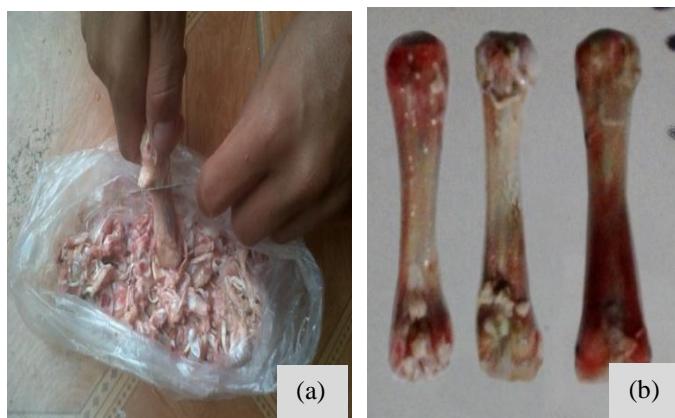
Fraktur adalah terputusnya kontinuitas tulang [1]. Proses penyambungan tulang pada dasarnya adalah mengembalikan tulang keposisi semula (*reposisi*) dengan menggunakan material implan sebagai fiksasi. Diharapkan pin dapat mempertahankan posisi itu selama proses penyembuhan tulang (*imobilisasi*) [2]. Hal yang perlu diperhatikan saat pemasangan pin adalah ukuran dan sudut pemasangan serta jumlah pin. Pemasangan pin yang tidak sesuai dengan karakterisasi patah akan memberikan kekuatan sambungan yang tidak optimum [3]. Untuk itu diperlukan suatu penelitian untuk mengetahui pengaruh ukuran dan sudut pemasangan serta jumlah pin terhadap sambungan. Manfaat dari penelitian ini adalah mendapatkan kekuatan yang optimum dari sambungan. Masa penyembuhan lebih singkat sehingga dapat mengurangi biaya operasi serta mengurangi resiko infeksi.

Karena tulang manusia sulit didapat dan perlunya perijinan dari instansi terkait, dalam penelitian ini digunakan tulang ayam sebagai pengganti tulang manusia. Tulang ayam dipilih karena memiliki struktur dan karakteristik tulang hampir sama dengan tulang manusia sehingga dapat digunakan sebagai media penelitian ini. Jenis patah tulang adalah jenis *oblique* yang membentuk sudut  $45^\circ$  dari sumbu tulang. Patah tulang *oblique* bisa terjadi akibat tulang terpuntir atau terpelintir dengan kuat. Kekuatan dan kelenturan tulang pasca penyambungan dengan fiksasi pin ini akan diuji melalui pengujian tarik dan uji *bending*. Selanjutnya pengamatan struktur mikro untuk melihat hubungan struktur tulang setelah patah dengan kelenturan sambungan. Karakteristik fisik diperiksa dengan mikroskop optik dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

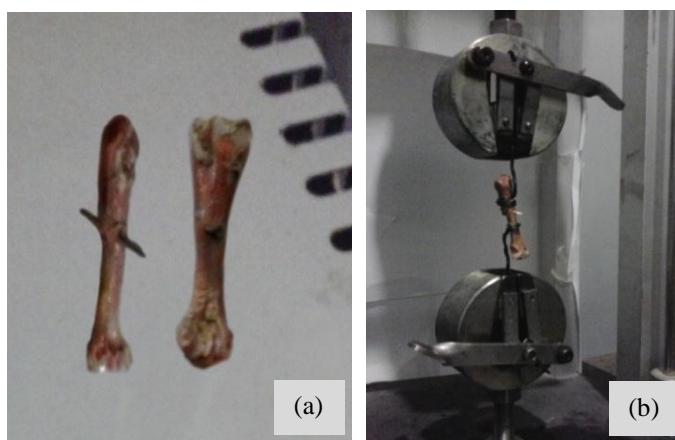
## 2. Sampel dan Metodologi

Bahan yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini adalah tulang ayam jenis broiler dengan umur  $\pm 1,5$  bulan dengan tidak mempertimbangkan jenis kelamin, berat, makanan dan besar ayam. Tulang ayam digunakan untuk mewakili tulang manusia karena memiliki struktur dan komposisi yang relatif hampir sama dengan tulang manusia. Jumlah tulang ayam yang diuji tarik maupun *bending* masing-masing 8 model sambungan, setiap model sambungan 3 sampel sesuai dengan rancangan percobaan. Tulang ayam didapatkan dari salah satu pasar tradisional yang berada di Kenagarian Kopah Kota Teluk Kuantan Riau. Bagian tulang yang digunakan sebagai sampel uji adalah tulang tibia pada kedua kaki ayam. Tulang dipotong menggunakan pisau potong pada bagian bawah dan atas tibia, kemudian dibersihkan dari daging yang menempel pada tulang (**Gambar 1 (a)**). Tulang ayam harus bersih dari daging agar tidak terjadi pembusukan seperti terlihat pada (**Gambar 1 (b)**). Kemudian tulang dipotong pada bagian tengah tulang menggunakan gergaji besi kecil membentuk sudut  $45^\circ$  dan  $90^\circ$  dari sumbu tulang. Pengeboran pada tulang dengan diameter dan jumlah sesuai dengan rancangan percobaan, pengeboran ini dilakukan dengan menggunakan matabor kecil berukuran 1 dan 1,5 mm. Posisi pengeboran sesuai dengan kondisi tulang dan pembagian jarak yang sama antara satu pin dengan pin yang lainnya. Kemudian pemasangan pin pada tulang hingga tulang dapat tersambung kembali dengan baik (**Gambar 2 (a)**).

Kondisi permukaan tulang yang lembut dan untuk menghindari kerusakan kedua ujung tulang saat penjepitan pada uji tarik. Perlu dilakukan pemasangan klem dan kawat yang diikatkan pada kedua ujung tulang untuk menghindari kontak langsung antara pencekam alat uji tarik dengan tulang (**Gambar 2 (b)**). Pengujian uji tarik dan *bending* dilakukan dengan mesin uji tarik mini COM-TEN testing machine 95T series dengan laju turun punch 1-3 mm/menit. Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan alat uji tarik mini *Universal Testing Machine* di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Universitas Andalas (**Gambar 2 (b)**). Hasil pengujian disimpan pada komputer selanjutnya dihitung ulang dengan cara manual sesuai dengan persamaan uji tarik dan *bending*. Sampel yang digunakan dalam pengamatan struktur fisik adalah sisa patahan sampel yang digunakan untuk uji tarik. Struktur fisik tulang diamati pada permukaan patahan sampel hasil uji tarik dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* Hitachi SN-3400N yang dilengkapi dengan Horiba EDX EMAX X-Act (Energy Dispersive X-Ray Microanalizer) di Laboratorium *Advance Material* Jurusan Teknik Mesin Universitas Andalas.



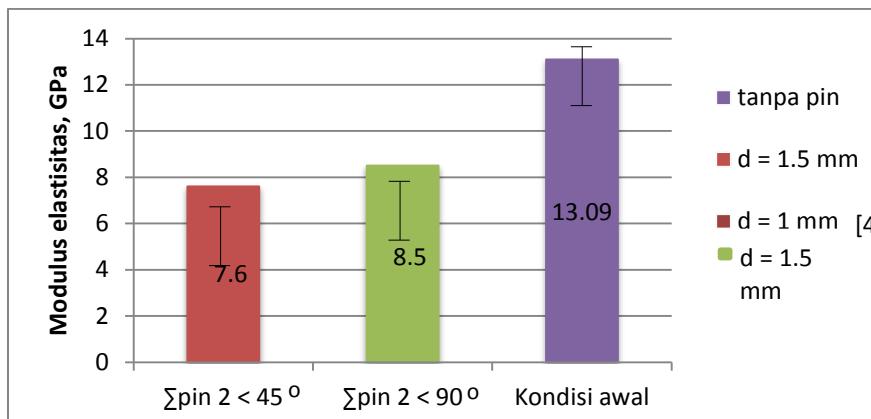
Gambar 1. (a) Pembersihan tulang, (b) tulang ayam sebelum penyambungan



Gambar 2. (a) Model penyambungan dengan pin, (b) Proses uji tarik SEM Hitachi SN-3400N

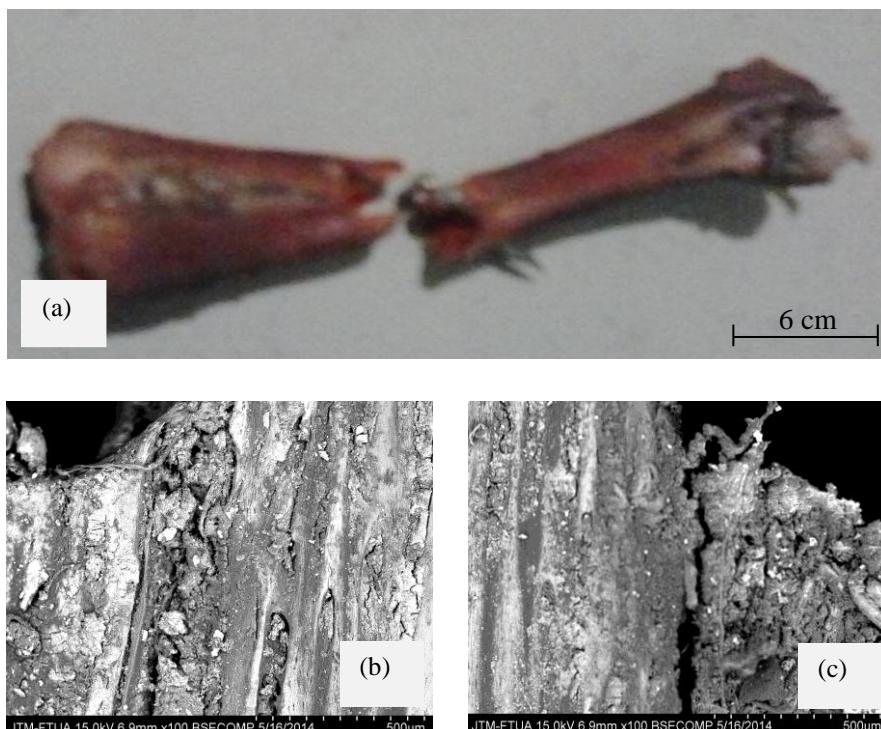
### 3. Hasil dan Pembahasan

Bentuk tulang setelah pengujian tarik dan lentur tidak mengalami perubahan ukuran penampang pada daerah patahan. Struktur tulang yang terlihat adalah tulang bagian *spongiosa*, yakni lapisan ketiga dari tulang dibuktikan dengan terdapatnya sum-sum darah merah yang terisi pada rongga tersebut. Tanpa sambungan patahan umumnya terjadi pada bagian pangkal tulang atau dekat sendi. Perbedaan besar penampang pada bagian pangkal tulang ini menyebabkan timbulnya konsentrasi tegangan, sehingga tegangan yang bekerja pada daerah pangkal tulang lebih besar.



Gambar 3. Perbandingan antara modulus elastisitas rata-rata tulang ayam sebelum dan sesudah pemasangan pin sudut  $45^\circ$  dan  $90^\circ$

Gambar 3. Memperlihatkan bahwa modulus elastisitas tulang ayam pada pemasangan pin dengan sudut  $45^\circ$ , jumlah pin 2 buah dan diameter 1,5 mm didapatkan nilai 7,6 GPa. Pada kondisi pemasangan pin sudut  $90^\circ$  modulus elastisitas tulang sedikit meningkat namun tidak memberikan perbedaan yang begitu signifikan yaitu 8,5 GPa dengan deviasi sebesar  $\pm 0,9$  GPa. Nilai modulus elastisitas sambungan pin sudut  $45^\circ$  dan  $90^\circ$  yang didapatkan lebih rendah dibandingkan dengan nilai modulus elastisitas kondisi normal tanpa pin yaitu sebesar 13,09 GPa [4]. Hal ini menunjukkan tulang mengalami penurunan kekuatan setelah terjadi patah. Berdasarkan hasil perhitungan dengan persamaan uji *bending*, nilai modulus elastisitas pemasangan pin dengan sudut  $90^\circ$  lebih besar dibandingkan dengan sudut  $45^\circ$  didapatkan sebesar 8,5 GPa. Hal ini disebabkan oleh pemasangan pin pada sudut  $90^\circ$  berada lebih jauh dari titik patahan, sehingga tulang dapat menahan beban yang diberikan saat dilakukan pemuntiran. Pada sudut  $90^\circ$  maupun  $45^\circ$  kekuatan tulang paling tinggi adalah dengan model pemasangan pin 2 buah dan diameter pin 1,5 mm, hal ini karena pemasangan pin dengan diameter 1,5 mm dapat menahan gaya lentur lebih besar karena mengalami perubahan defleksi atau pembelokan yang lebih kecil, jika pemasangan pin dengan jumlah 3 buah pin tulang akan mengalami kehilangan kekuatan karena kerusakan pada struktur tulang akibat pengeboran sehingga tulang akan mudah patah dan rapuh.



Gambar 4. (a) Model patahan, (b-c) Retakan yang terjadi pada permukaan tulang patah

Hasil uji tarik dan *bending* terlihat bahwa tulang mengalami patah pada daerah sambungan, hal ini menunjukkan daerah sambungan menjadi bagian terlemah dari sambungan tulang yang disebabkan perubahan struktur tulang setelah terjadi patah (**Gambar 4 (a)**). Pengamatan struktur mikro terlihat bentuk patahan dan retakan hasil pengujian kekuatan tarik berserabut akibat pengeboran sebelum pemasangan pin sebagai sambungan atau fiksasi (**Gambar 4 (b-c)**). Pengamatan struktur mikro tulang hasil uji tarik dan *bending* setelah disambung kembali menggunakan pin dengan sudut  $90^\circ$  juga menimbulkan retakan pada daerah sambungan akibat pengujian tarik yang dilakukan, retakan terjadi disekeliling daerah lubang pemasangan pin sampai ujung patahan. Retakan yang terjadi memanjang searah dengan arah penarikan tulang atau sumbu *axial* tulang. Sambungan dengan sudut pin  $90^\circ$  dari garis patahan memiliki keretakan lebih panjang bila dibandingkan dengan posisi pemasangan pin  $45^\circ$ , sehingga memberikan kekuatan lebih baik dibandingkan pemasangan pin dengan sudut  $45^\circ$ . Posisi pin sudut  $90^\circ$  memiliki kekuatan lebih baik karena jarak pada posisi sudut pin  $45^\circ$  ini sambungan lebih dekat dengan ujung patahan yang menyebabkan panjang retakan lebih pendek dan cepat menjalar menuju ujung patahan sehingga kekuatan tulang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan pemasangan sudut pin  $90^\circ$ .

Berdasarkan hasil pengujian dan pengamatan struktur mikro dapat diketahui bahwa pemasangan pin untuk kasus patah tulang *oblique* yang lebih baik yaitu pada sudut pin  $90^\circ$  dengan jumlah pin 2 buah dan diameter 1,5 mm karena memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi dari pemasangan pin dengan sudut  $45^\circ$ . Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh **Debby** [4] yang memaparkan bahwa pemasangan pin yang lebih baik jenis patah *oblique* ini adalah pada sudut  $90^\circ$  dari garis patahan. Selain itu **Mc Clure** [5] mengatakan bahwa

pin-pin yang memiliki diameter besar akan meminimalkan komplikasi, lebih kaku atau lebih baik, dan mengalami defleksi atau pembelokan yang lebih kecil. Namun dalam penelitian ini masih memiliki beberapa permasalahan yang ditemui selama proses pembuatan spesimen uji dari tulang ayam, baik sebelum maupun disaat pengujian dilakukan. Permasalahan utama yang dijumpai adalah kondisi tulang ayam sebagai bahan pengujian memiliki ukuran tulang kecil sehingga pemasangan pin tidak memberikan kekuatan yang belum maksimal. Direkomendasikan untuk selanjutnya penelitian kekuatan sambungan dengan fiksasi pin ini agar dilakukan pada tulang sapi maupun tulang hewan lainnya yang memiliki ukuran tulang yang lebih besar.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian kekuatan tarik dan *bending* pada tulang tibia ayam pasca penyambungan dengan menggunakan fiksasi pin untuk mempertahankan posisi tulang selama penyembuhan, diperoleh hasil bahwa kekuatan sambungan tulang dengan menggunakan fiksasi pin menurun setelah terjadi patah. Penurunan kekuatan tulang diakibatkan oleh perubahan struktur tulang akibat pengeboran dan pemasangan pin. Posisi pemasangan pin yang lebih baik untuk patah tulang *oblique* adalah pemasangan sudut pin  $90^\circ$  dari permukaan patahan dengan pemasangan jumlah pin 2 buah dan diameter 1,5 mm. Pemasangan pin dengan jumlah terlalu banyak dapat merusak struktur tulang dan mengurangi kekuatan tulang itu sendiri seperti terlihat pada uji tarik dan *bending*. Pada uji tarik kekuatan paling tinggi dengan pemasangan pin  $90^\circ$  maupun  $45^\circ$  tidak memberikan perbedaan yang begitu signifikan, kekuatan tarik yang diperoleh sebesar 2,02 MPa dan 2,87 MPa, hal ini tidak terlalu mempengaruhi hasil kekuatan tulang setelah penyambungan dengan menggunakan pin.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DP2M DIKTI atas pembiayaan sebagian penelitian melalui Hibah Pascasarjana tahun 2013 dan 2014.

#### Daftar Pustaka

- [1] Brunner, L dan Suddarth, D. (2002). Buku Ajar Keperawatan Medical Bedah (H. Kuncara, A. Hartono, M. Ester, Y. Asih, Terjemahan). (Ed.8) Vol 1 Jakarta : EGC.
- [2] Halstead, A.J (2004). Orthopedic Nursing: Caring Patients with musculoskeletal disorders, Western Schools, Inc. All Right Reserved.
- [3] Leighton L.R. (1993), Small Animal Orthopedics. Mosby-year Book Europe LTD., London. Pp 3.16-3.39.
- [4] Norita Sari, Debby. (2014). Kontribusi Sudut Pemasangan Pin Terhadap Kekuatan Sambungan Tulang Pada Kasus Fraktur Tulang *Oblique*, Jurusan Teknik Mesin Universitas Andalas Sumatera Barat.
- [5] Mc Clure, S.R., Watkins, J.P., and Ashman, R.B. (1994). Invito Comparison of the Parallel and Divergent Transfixation Pin on Breaking Strength of Equine Third Metacarpal Bone. Am. J. Vet. Res. Vol. 55. No. 9. Pp. 1327-1330.