

PENGUJIAN BIO MEKANIK ILIZAROV EXTERNAL FIXATION

Erwin^{1*}, Ahmad Taufik²

^{1,2}Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jendral Sudirman, Km. 03 Cilegon - Banten

*Email : erwin@ft-untirta.ac.id

ABSTRAK

External fiksasi merupakan alat untuk mengatasi fraktur yang kompleks dengan cara memasukkan pin atau kawat kedalam jaringan kulit, jaringan lunak dan masuk kedalam tulang. Pada penelitian ini di fokuskan untuk jenis external fikation. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini, fabrikasi external fikation dengan menggunakan ring aluminium alloy, hingga dengan melakukan pengujian uji tarik, uji tekan, uji lendut dan uji puntir.

Pengujian dilakukan dengan cara memberikan gaya berkisar bertahap meningkat 5 N untuk uji tarik dan tekan, pengujian dihentikan pada saat simulator tulang mengalami displacement 1 mm. sedangkan pada pengujian lendut gaya yang di berikan bertahap meningkat 2 N dan untuk uji puntir gaya yang diberikan bertahap meningkat 1 N. Pada uji lendut dan puntir pengujian di hentikan pada saat simulator tulang mengalami displacement 1°.

Pada percobaan yang telah penulis hasil data yang penulis peroleh dibawah standarisasi, hal dapat disimpulkan besarnya pengaruh kekuatan dan ketegangan krischner pada ring external fixation.

Kata kunci : *External Fixation, uji tarik, uji tekan, uji lendut dan uji puntir.*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pada tahun 1960 Ilizarov ahli bedah dari Krugan Rusia menciptakan teknik *callotaxis*. Ilizarov menciptakan alat fiksator external berupa lingkaran dengan kawat sebagai daya penarik tulang. Metode Ilizarov berupa osteotomi tulang, kemudian tulang diperpanjang dengan kecepatan 1 mm/hari yang dilakukan dalam 4 tahap.

External fixation adalah suatu metode utama untuk mengatasi fraktur yang kompleks dengan cara memasukkan pin atau kawat kedalam jaringan kulit, jaringan lunak dan masuk ke dalam tulang (Santy, Vincent, & Duffield, 2009). Pin atau kawat tersebut akan dihubungkan dengan rigid external frame (Addamo, 2002). External tersebut didesain untuk mendukung stabilitas rangka tulang sampai dilakukannya operasi ortopedi selanjutnya (Santy, Vincent, & Duffield, 2009).

Metode ini dapat menjadi pilihan utama (primer) pada kasus fraktur terbuka yang disertai kerusakan jaringan lunak, misalnya jenis fraktur comminuted yang rusak yang rusak parah yang nantinya akan dirujuk untuk dilakukan bone grafting (smaltzer, Bare, & Hinkle, 2008), fraktur yang tidak mengalami perbaikan pada waktunya (Roberts, 2009) ataupun fraktur tertutup yang posisinya tidak dapat difiksasi dengan gips, traksi ataupun internal fixation (Evans, 2010; Watson, 2002).

External fixator juga sering digunakan pasien dengan Osteomyelitis ataupun tumor karena mempunyai kemampuan dalam memanjangkan tulang, khususnya *Ilizarov External Fixator* dengan rata-rata pemanjangan sepanjang 5,2 cm dan memungkinkan ahli bedah untuk menghilangkan segmen tulang tertentu tanpa mengganggu 1 baris tulang yang mengalami fraktur dengan pemasangan external fixator (Canale & Beaty, 2008; Bryant, 1998 dalam Buyukyilmas, Sendir, & Salmond, 2009; Judith, et.al., 2009). Rasad (2007) menambahkan bahwa external fixator juga dapat dipakai pada pasien dengan fraktur terbuka dan kadang - kadang juga pada fraktur tungkai - tungkai bahwa penderita gagal jantung sistolik. Pemasangan external fixator bisa menjadi pilihan sekunder pada fraktur tertutup (Canale & Beaty, 2008).

Menurut Addamo (2002), pemasangan external fixator mempunyai implikasi yang positif, seperti stabilisasi fraktur yang lebih cepat dibandingkan metode lain, kompresi yang dihasilkan dipastikan dapat mendukung proses penyembuhan tulang, meningkatkan kenyamanan pasien, memfasilitasi dalam keperawatan karena memungkinkan diobservasinya injuri jaringan lunak dan adanya akses untuk membuka luka. Jika dilihat dari segi financial, pemakaian external fixator dianggap lebih murah dari pada traksi. (Hedin, Borgquist dan Larsson) (2004).

1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas maka permasalahan yang diambil dalam penelitian ini adalah menguji dan mengukur kekuatan ring external fixation dengan pembebanan kisaran antara 5 sampai dengan 200 N.

- 1) Kelebihan dan kekurangan alat uji untuk melakukan pengujian bio mekanik ilizarov external fixation.
- 2) Bagaimana merancang alat uji yang sesuai untuk melakukan pengujian ilizarov external fixation.?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kekuatan dari struktur dari ring external fixation yang layak digunakan untuk penderita patah tulang kaki, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Merancang alat uji manual untuk ilizarov external vixation.
2. Menguji kekuatan ring ilizarov external fixation
3. Membandingkan hasil pengujian kekuatan ring external fixation dengan standarisasi yang telah ditentukan.

Meskipun fiksasi eksternal telah mengalami perkembangan dan memiliki kelebihan yang sangat diunggulkan dibanding metode lainnya, namun tetap saja masih memiliki beberapa kekurangan. Adapun kelebihan dan kekurangan dari *Ilizarov External Fixation* adalah :

➤ Kelebihan *Ilizarov External Fixation*

1. Mengurangi kerusakan vaskuler pada tulang.
2. Mengurangi gangguan pada lapisan jaringan lunak.
3. Sangat terbuka untuk menstabilkan fraktur terbuka.
4. Kekakuan fiksasi dapat diatur tanpa prosedur operasi.
5. Mengurangi resiko terjadinya infeksi.
6. Cukup aman digunakan pada kasus dengan infeksi pada tulang.
7. Mobilisasi dapat dengan cepat dilakukan oleh pasien, dan bagian tubuh dapat digerakkan dan berpindah posisi tanpa adanya perasaan takut akan terjadi pergeseran pada tulang.
8. Kompresi, netralisasi dan distraksi dapat dilakukan dengan fiksasi eksternal sesuai dengan bentuk fraktur.
9. Pada metode ini, gerak sendi proksimal dan distal diperbolehkan. Ini sangat membantu dalam hal pengurangan edema dan menghambat fibrosis kapsuler, kaku sendi, atrofi otot dan osteoporosis.
10. Kesimpulannya, fiksasi eksternal memungkinkan kompatibilitas yang lebih baik dan efek samping yang lebih sedikit. Fixators baru yang dirancang untuk mensimulasikan kondisi tulang, yang memungkinkan pasien untuk menggunakan anggota badan yang lebih normal selama proses koreksi dan mempercepat penyembuhan.

➤ Kekurangan *Ilizarov External Fixation*

1. Pin dan wires dapat menembus jaringan lunak.
2. Terdapat komplikasi pin-track pada penggunaan fiksasi eksternal dalam jangka waktu yang lama.
3. Membatasi pergerakan sendi.
4. Secara mekanis pemasangan pin dan rangka fiksasi sulit dilakukan dan mudah terjadi infeksi jika teknik pemasangannya tidak benar.
5. Rangka fiksasi terdiri dari beberapa rangkaian sehingga pasien merasa tidak nyaman dan dengan alasan estetika.
6. Teknik penyisipan pin harus dilakukan secara teliti, serta perawatan pin pun harus baik karena untuk mencegah infeksi pada saluran pin.
7. Pemasangan bingkai pin dan fiksator secara mekanis sangat sulit, sehingga harus dilakukan oleh ahlinya.
8. Fraktur melalui saluran pin mungkin terjadi.

9. Pemasangan eksternal fixation terlalu kencang maka pasien akan merasa tidak nyaman. Dan begitu juga sebaliknya, bila dipasang terlalu kendur maka tulang akan mudah bergeser sehingga berakibat fatal terhadap fraktur.

2. Prosedur Pengujian

2.1 Alat dan bahan

Pada penelitian ini di bagi menjadi 2 (dua) tahap proses.

Tahap pertama fabrikasi Alat Uji *Ilizarov External Fixation* dengan bahan sebagai berikut:

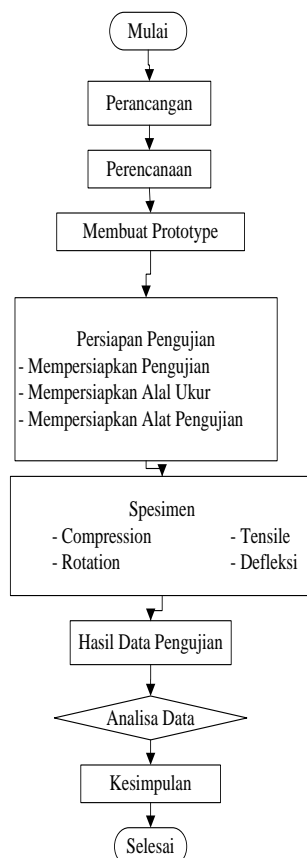
1. Plat bordes P.1300 mm L.420 mm T.5 mm sebagai alas sekaligus dudukan alat uji, plat bordes di tanam dengan menggunakan baut tanam dan disambungkan dengan pipa dan baut
2. Pipa \emptyset 33 mm P.720 mm sebagai pengganti tulang pada saat pengujian, pipa tersebut penulis potong menjadi 3 bagian dengan dengan panjang 230 mm1 batang dan 190 mm 1 batang.
3. Baut M.6 x 50 mm sebagai penyangga ring dan tulang pada pengujian 1 ring.

Tahap 2 (dua) merupakan pengujian *Ilizarov External Fixation* yang telah di fabrikasi, alat dan bahan yang digunakan antara lain :

- Alat :
1. Dial indikator
 2. Timbangan gantung
 3. Timbangan duduk
 4. Busur setengah lingkaran

- Beban :
1. Tracker
 2. Paku
 3. Anak timbangan botol
 4. Anak timbangan bulat

2.2 Diagram Alir



3. Hasil dan Pembahasan

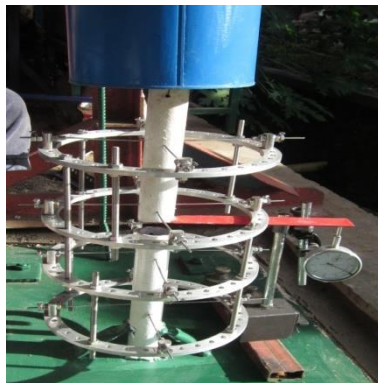
3.1 Tempat Pengujian

Pengujian ini dilakukan di depan lab prestasi mesin fakultas teknik universitas sultan ageng tirtayasa.

3.2 Teknik Pengambilan Data

Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode pengujian langsung. Langkah – langkah pengumpulan data pada burner yaitu :

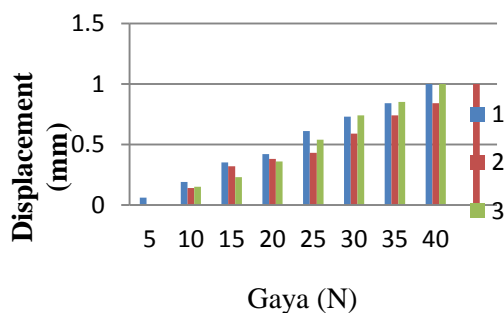
1. Pengujian tekan 4 ring



Gambar 1. Uji tekan 4 ring

Tabel 1. Displacement Uji Tekan 4 Ring

Gaya (N)	Displacement (mm)		
	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
5	0.06	0	0
10	0.19	0.14	0.15
15	0.35	0.32	0.23
20	0.42	0.38	0.36
25	0.61	0.43	0.54
30	0.73	0.59	0.74
35	0.84	0.74	0.85
40	1	0.84	1
45	-	1	-



Gambar 2. Grafik uji tekan 4 ring

Dari grafik diatas dapat hasil perubahan ring external fixation pada 1 mm terjadi pada saat gaya tekan mencapai 40 N – 45 N. Dengan memberikan gaya sebesar 5 N secara bertahap meningkat. Dengan demikian, koefisien kekakuan modul di bawah pengaruh kekuatan gangguan adalah:

$$KM3 \text{ exp} / \text{Jumlah pengujian} = \frac{40 + 45 + 40}{3} = 41.6 \text{ N/mm}$$

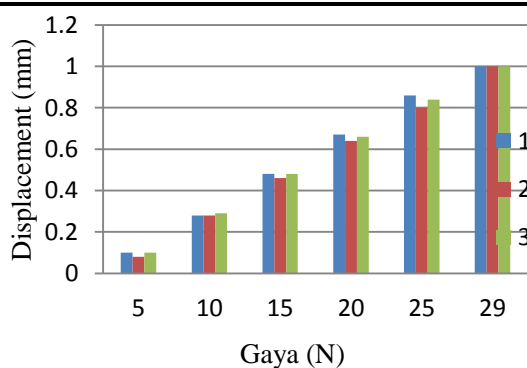
2. Uji tarik 4 ring



Gambar 3. Uji tarik 4 ring

Tabel 2. Displacement Uji Tarik 4 Ring

Gaya (N)	Displacement (mm)		
	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
5	0.1	0.08	0.1
10	0.28	0.28	0.29
15	0.48	0.46	0.48
20	0.67	0.64	0.66
25	0.86	0.80	0.84
30	1	1	1



Gambar 4. Grafik Perbandingan Uji Tarik 4 Ring

Dari grafik diatas dapat disimpulkan perubahan ring external fixation pada 1 mm terjadi pada saat gaya tekan mencapai 28 N – 30 N.

Dengan demikian, koefisien kekakuan modul di bawah pengaruh kekuatan gangguan adalah:

$$KM3 \text{ exp} / Jp = \frac{30+28+29}{3} = 29 \text{ N/mm}$$

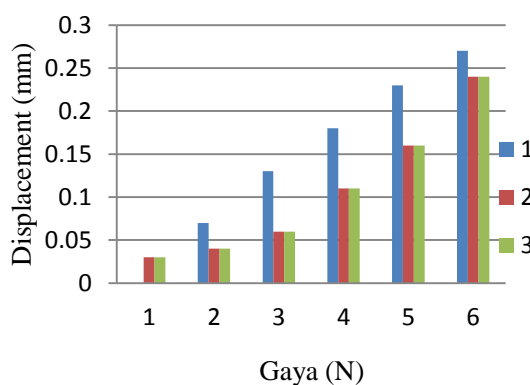
3. Uji lendut 4 ring



Gambar 5. Uji lendut 4 ring

Tabel 3. Displacement Uji 4 Ring Lendut

Gaya (N)	Displacement					
	Penguian 1		Penguian 2		Penguian 3	
	mm	degree	mm	degree	mm	degree
1	0	0	0.03	0.12	0.02	0.08
2	0.07	0.25	0.04	0.16	0.06	0.25
3	0.13	0.48	0.06	0.25	0.12	0.5
4	0.18	0.66	0.11	0.45	0.15	0.62
5	0.23	0.85	0.16	0.66	0.18	0.75
6	0.27	1	0.24	1	0.24	1



Gambar 6. Gerafik perbandingan uji lendut 4 ring

Dari grafik perbandingan diatas dapat disimpulkan perubahan ring external fixation pada 1° terjadi pada saat gaya tekan mencapai 6 N di penguian 1,2 dan 3. Beban ini diterapkan pada jarak 100 mm dari titik O.

Dengan demikian, koefisien kekakuan modul di bawah pengaruh kekuatan gangguan adalah:

$$KM3 \text{ exp} / Jp = \frac{(6 \times 100) + (6 \times 100) + (6 \times 100)}{3} = 6 \times 10^2 \text{ N mm/degree}$$

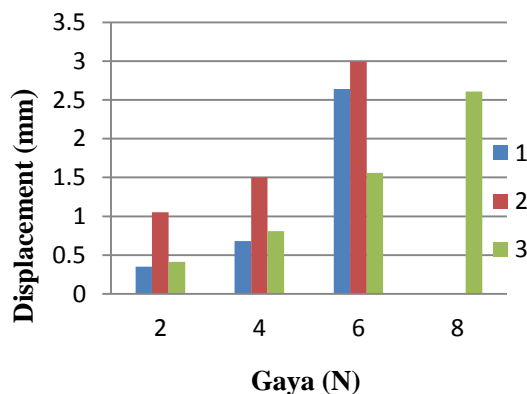
4. Uji punter 4 ring



Gambar 7. Uji punter 4 ring

Tabel 4. Displacement Uji Puntir4 Ring

Gaya (N)	Displacement					
	Penguian 1		Penguian 2		Penguian 3	
	mm	Degree	mm	Degree	mm	Degree
2	0.35	0.13	1.05	0.35	0.41	0.15
4	0.68	0.25	1.50	0.50	0.81	0.31
6	2.64	1	2.99	1	1.56	0.59
8	-	-	-	-	2.61	1



Gambar 8. perbandingan uji puntir 4 ring

Dari grafik perbandingan diatas dapat disimpulkan perubahan ring external fixation pada 1° dengan dukungan gaya external yang melekat pada simulator tulang dengan jarak yang sama. Jarak yang disarankan antara titik A1 dan B1 (h) adalah 200 mm.

Dengan demikian, koefisien kekakuan modul di bawah pengaruh kekuatan gangguan adalah:

$$\begin{aligned}
 KM3_{exp} / inward &= KM3_{exp} / outward \\
 KM3_{exp} / J_p &= \frac{(6 \times 200) + (6 \times 200) + (8 \times 200)}{3} \\
 &= \frac{1200 + 1200 + 1600}{3} \\
 &= 1.3 \times 10^3 \text{ N mm/degree}
 \end{aligned}$$

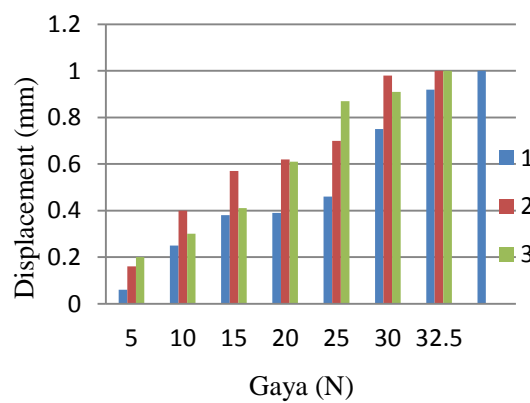
5. Uji Tekan 1 ring



Gambar 9. Uji Tekan 1 Ring

Tabel 5. Displacement Uji Tekan 1 ring

Gaya (N)	Displacement (mm)		
	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
5	0.06	0.16	0.20
10	0.25	0.40	0.30
15	0.38	0.57	0.41
20	0.39	0.62	0.61
25	0.46	0.70	0.87
30	0.75	0.98	0.91
31.5	-	1	-
32.5	-	-	1
35	0.92		
37	1		



Gambar 10. Grafik perbandingan uji tekan 1 ring

Dari grafik diatas dapat disimpulkan perubahan ring external fixation pada 1 mm terjadi pada saat gaya tekan mencapai 31.5 N – 37 N. Dengan demikian, koefisien kekakuan modul di bawah pengaruh kekuatan gangguan adalah:

$$KM1 \text{ exp} / Jp = \frac{37+31.5+32.5}{3} = 41.6 \text{ N/mm}$$

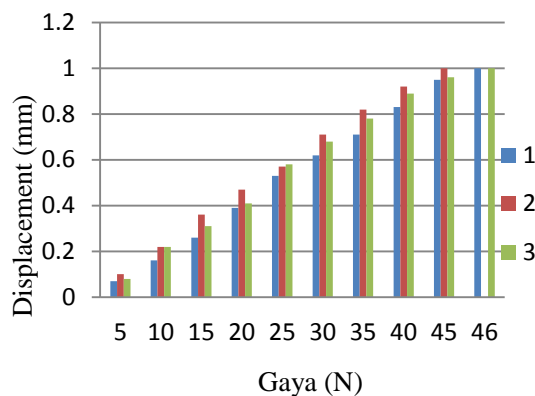
6. Uji Tarik 1 Ring



Gambar 11. Uji Tarik 1 ring

Tabel 6. Displacement Uji Tarik 1 ring

Gaya (N)	Displacement (mm)		
	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
5	0.07	0.01	0.08
10	0.16	0.22	0.22
15	0.26	0.36	0.31
20	0.39	0.47	0.41
25	0.53	0.57	0.58
30	0.62	0.71	0.68
35	0.71	0.82	0.78
40	0.83	0.92	0.89
45	0.95	1	0.96
48	1		1



Gambar 12. Grafik perbandingan uji tarik 1 ring

Dari grafik diatas dapat disimpulkan perubahan ring external fixation pada 1 mm terjadi pada saat gaya tekan mencapai 42 N – 48 N.

Dengan demikian, koefisien kekakuan modul di bawah pengaruh kekuatan gangguan adalah:

$$KM1 \text{ exp} / Jp = \frac{48+42+46}{3} = 45.3 \text{ N/mm}$$

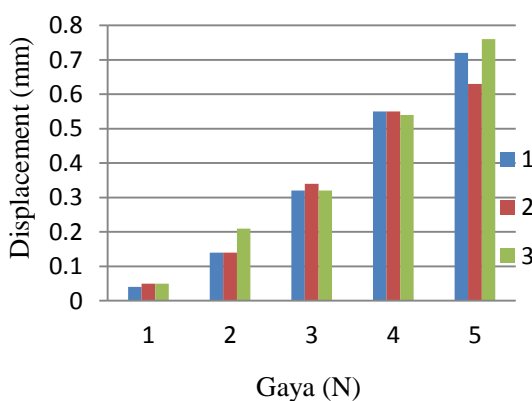
7. Uji Lendut 1 ring



Gambar 13. Uji Lendut 1 ring

Table 7. Displacement Uji Lendut 1 ring

Gaya (N)	Displacement					
	Penguian 1		Penguian 2		Penguian 3	
	mm	degree	mm	degree	mm	degree
1	0.04	0.05	0.05	0.079	0.05	0.06
2	0.14	0.19	0.14	0.22	0.21	0.27
3	0.32	0.44	0.34	0.53	0.32	0.42
4	0.55	0.76	0.55	0.87	0.54	0.71
5	0.72	1	0.63	1	0.76	1



Gambar 14. Grafik Perbandingan uji lendut 1 ring

Dari grafik perbandingan diatas dapat disimpulkan, gaya yang dapat di tahan pada ring external fixation pada jarak 1° adalah 5 N, dengan gaya external yang melekat pada simulator tulang (L) 100 mm.

Dengan demikian, koefisien kekakuan dari standar pengujian 1,2 dan 3 modul di bawah fleksi atau ekstensi adalah:

KM1 exp/flexion =

$$\begin{aligned}
 \text{KM extension} &= \frac{\{(5 \times 100)+(5 \times 100)+(5 \times 100)\}}{3} \\
 &= \frac{\{(5 \times 100)+(5 \times 100)+(5 \times 100)\}}{3} \\
 &= 5 \times 10^2 \text{ N mm/degree}
 \end{aligned}$$

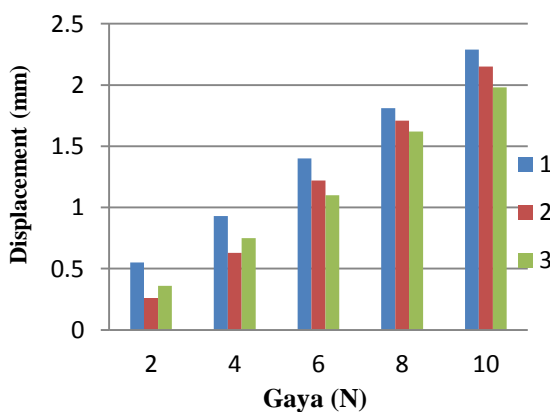
8. Uji Puntir 1 Ring



Gambar 15. Uji Puntir 1 Ring

Tabel 8. Displacement Uji Puntir 1 Ring (1)

Gaya (N)	Displacement					
	Pengujian 1		Pengujian 2		Pengujian 3	
	mm	Degree	mm	Degree	mm	Degree
2	0.55	0.24	0.26	0.12	0.36	0.18
4	0.93	0.40	0.63	0.29	0.75	0.37
6	1.40	0.61	1.22	0.56	1.10	0.55
8	1.81	0.79	1.71	0.79	1.62	0.81
10	2.29	1	2.15	1	1.98	1



Gambar 16. Grafik perbandingan uji puntir 1 ring

Dari grafik perbandingan diatas dapat disimpulkan perubahan ring external fixation pada 1° terjadi pada saat gaya tekan mencapai 10 N pada pengujian 1,2 dan 3. Dengan demikian, koefisien kekakuan modul di bawah pengaruh kekuatan gangguan adalah:

$$\begin{aligned}
 & KM_{1st} / inward = KM_{1st} / outward \\
 & = \frac{\{(10 \times 200) + (10 \times 200) + (10 \times 200)\}}{3} \\
 & = \frac{2000 + 2000 + 2000}{3} \\
 & = 2 \times 10^3 \text{ N mm/degree}
 \end{aligned}$$

3.3 Perbandingan Data Pengujian Manual Ring Ilizarov External Fixation Dengan Standarisasi Ilizarov External Fixation

Dari data hasil pengujian diatas, maka untuk menentukan alat yang penulis uji dapat dipakai atau tidak penulis membanding data yang penulis peroleh dengan data yang standar yang dipakai.

Tabel 9. Perbandingan Hasil Pengujian Dengan Standarisasi Pengujian.

Pengujian	Kekuatan Puntir		Kekuatan Melintang		Kekuatan Tegak	
	K _M (N mm/degree)		K _M (N mm/degree)		Lurus	
			Sagital Plane		K _M (N/mm)	
	inward	outward	flexion	extention	Tekan	Tarik
1 Ring M1std	3x10 ³	3x10 ³	3x10 ²	3x10 ²	63	63
1 Ring M1exp	2x10 ³	2x10 ³	5x10 ²	5x10 ²	33.6	45.3
4 Ring M3 std	2.8x10 ³	2.8x10 ³	2.03x10 ³	2.03x10 ³	54	54
4 Ring M3 exp	1.3x10 ³	1.3x10 ³	6 x 10 ²	6 x 10 ²	41.6	29

Dari tabel perbandingan antara hasil pengujian dengan standarisasi terdapat hasil yang berbeda yaitu hasil pengujian lebih kecil dibandingkan standarisasi pengujian. Hal ini di pengaruhi oleh kekuatan material dari *kirschner* yang digunakan dalam pengujian lebih rendah yaitu stainless steel 308 sedangkan kirschner yang dipake untuk standarisasi adalah stainless steel 316. Dalam external fixation kekuatan kekakuan kirschner sangat berpengaruh besar sebagai penahan ring dan kurangnya ketegangan pada kirschner karena tidak adanya alat pengukur tegangan pada kirschner.

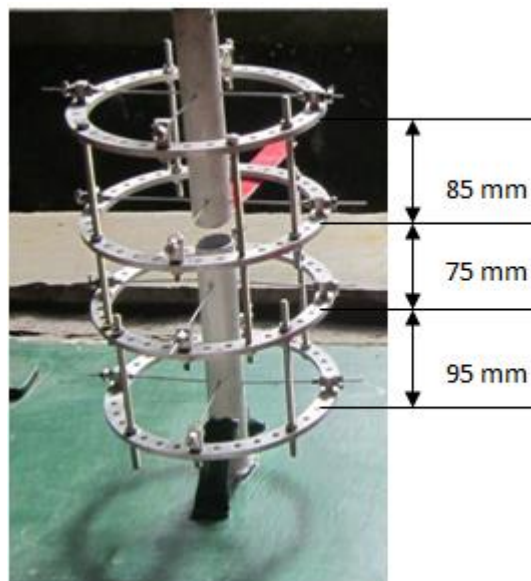
5. Penutup

Kesimpulan

1. Rancangan Alat uji *ilizarov external Fixation* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 17. Rancangan Awal Alat Uji Ilizarov External Fixation



Gambar 18. Rancangan Alat Uji 4 Ring



Gambar 19. Rancangan Alat Uji 1 Ring

2. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan table perbandingan antara hasil pengujian dengan standarisasi sebagai berikut:

Tabel 10. Perbandingan Hasil Pengujian Dengan Standarisasi Pengujian.

Pengujian	Kekuatan Puntir		Kekuatan Melintang		Kekuatan Tegak	
	K _M (N mm/degree)		K _M (N mm/degree)		Lurus	
			Sagital Plane		K _M (N/mm)	
	inward	outward	flexion	extention	Tekan	Tarik
1 Ring M1std	3x10 ³	3x10 ³	3x10 ²	3x10 ²	63	63
1 Ring M1exp	2x10 ³	2x10 ³	5x10 ²	5x10 ²	33.6	45.3
4 Ring M3 std	2.8x10 ³	2.8x10 ³	2.03x10 ³	2.03x10 ³	54	54
4 Ring M3 exp	1.3x10 ³	1.3x10 ³	6 x 10 ²	6 x 10 ²	41.6	29

Daftar Pustaka

Solomin, Leonid. N, 2008. *The Basic Principles Of External Fixation Using The Ilizarov Device*. Verlag italia, springer.

Mrazek .M, Z.Florian, R.Vesely, L.Borak, 2009, “Strain-Stress Analysis Of Lower Limb With Applied Fixator”*Applied and computational Machanic 4 (2010) 67-78*

Zamani.A.R, S.O. Oydiji, 2010, “ Theoretical And Finite Element Modeling Of Fine Kirschner Wires In Ilizarov External Fixator “

Gessmann jan , Birger jettkant, Thomas Armin Schildhauer, 2011, “*Mechanical stress on tensioned wires at direct Loading: A biomechanical study on the ilizarov external fixator* ” BG Universitasklinikum Bergmannsheil, Department of Troumatology, Burkle-de-la-camp-platz 1, 44789 Bochum, Germany

http://www.google.com/search?q=kerangka+manusia&biw=1366&bih=667&source=lnms&sa=X&ei=nQDwUtojx6RB4rvGJgE&ved=0CAQQ_AU (diakses 7 mei 2013)

<http://www.google.com/#q=spesiment+uji+tekan> (diakses 8 mei 2013)

<http://masmukti.files.wordpress.com/2011/10/bab-02-material-dan-proses.pdf> (diakses 8 mei 2013)

http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=spesiment%20uji%20lentur&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCYQFjAA&url=http://ejournal.undip.ac.id/index.php/kapal/article/download/2666/pdf&ei=bwjwUtWnAomzsQTC_YH4BQ&usg=AFQjCNGUbVR3NwJ1dM7FztLm-PxBGRTtFQ&sig2=zV (diakses 3 November 2003)