



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**OVER-KOREKSI PADA PENATALAKSANAAN  
FRAKTUR *GREENSTICK* RADIUS  
(*Randomized Clinical Trial*)**

**DISERTASI**

**HENDROYONO KUMOROCAHYO  
0706310596**

**PROGRAM DOKTOR ILMU EPIDEMIOLOGI  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS INDONESIA  
DEPOK - 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**OVER-KOREKSI PADA PENATALAKSANAAN  
FRAKTUR *GREENSTICK* RADIUS  
(*Randomized Clinical Trial*)**

**RINGKASAN DISERTASI**

**Untuk memperoleh gelar Doktor dalam Ilmu Epidemiologi pada Universitas  
Indonesia di bawah pimpinan Pjs. Rektor Universitas Indonesia  
Prof. Dr. Djoko Santoso**

**Untuk dipertahankan di hadapan Senat Akademik Universitas Indonesia  
Pada hari Kamis, Tanggal 27 September 2012, Pukul 10.00 WIB**

**HENDROYONO KUMOROCAHYO  
0706310506**

**PROGRAM STUDI ILMU EPIDEMIOLOGI  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS INDONESIA  
DEPOK, SEPTEMBER 2012**

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**OVER-KOREKSI PADA PENATALAKSANAAN  
FRAKTUR *GREENSTICK* RADIUS  
(*Randomized Clinical Trial*)**

**Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama : Hendroyono Kumorocahyo**

**NPM : 0706310596**

**Tanggal : 27 September 2012**

**TandaTangan :**

**:**

## **SURAT PERNYATAAN**

Yang bertandatangan di bawah ini, saya:

Nama : HENDROYONO KUMOROCAHYO

NPM : 0706310596

Mahasiswa Program : S-3/Ilmu Epidemiologi

Tahun Akademik : 2008 - 2012

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan disertasi saya yang berjudul :

**OVER-KOREKSI PADA PENATALAKSANAAN  
FRAKTUR *GREENSTICK* RADIUS  
(*Randomized Clinical Trial*)**

Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan plagiat maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 27 September 2012

**(HENDROYONO KUMOROCAHYO)**

## **PERNYATAAN PERSETUJUAN**

Disertasi ini diajukan oleh

Nama : Hendroyono Kumorocahyo

NPM : 0706310596

Program Studi : Ilmu Epidemiologi

Dengan judul :

**OVER-KOREKSI PADA PENATALAKSANAAN  
FRAKTUR *GREENSTICK* RADIUS  
(Randomized Clinical Trial)**

**Telah disetujui pada hari Kamis 27 September 2012 oleh :**

**Promotor :**

**(Prof. Dr. dr. Nasrin Kodim, MPH.)**

**Guru Besar Tetap Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Indonesia**

**Ko-Promotor:**

**(Prof. Dr. dr. Respati Suryanto Dradjat, SpOT(K).)**

**Guru Besar Tetap Fakultas Kedokteran  
Universitas Brawijaya**

## **Tim Penguji**

**Ketua :**

**Prof. dr. Budi Utomo, MPH.**

---

**Anggota :**

**1. Prof, Dr. Ir. Tati LE. Rajab M.**

---

**2. Prof. Dr. dr. Putu Astawa, M.Kes, SpOT(K).**

---

**3. Dr. dr. Ratna Djuwita, MPH.**

---

**4. Drg. Nurhayati Prihartono, MPH, MSc, ScD.**

---

**5. Dr. dr. Hermawan Nagar Rasyid, SpOT(K),MT (BME), Ph D,  
FICS.**

---

**Ditetapkan di : Depok**

**Tanggal : 27 September 2012**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Yang Maha Kuasa bahwa akhirnya tulisan disertasi ini dapat diselesaikan dengan baik. Selama mengikuti pendidikan doktor dan menyelesaikan penulisan disertasi ini, penulis telah banyak memperoleh bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu perkenankanlah penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak berikut:

**Prof. Dr. dr. Nasrin Kodim, MPH.**, yang telah berkenan menjadi promotor, walaupun ditengah kesibukan beliau tidak mengendurkan semangat dan kesabarannya untuk membimbing penulis dalam proses penulisan disertasi ini.

**Prof. Dr. dr. Respati Suryanto Dradjat, SpOT(K).**, yang telah berkenan menjadi ko-promotor dan memberikan dasar-dasar pengertian tentang penelitian ortopedik. Terima kasih untuk kesediaannya membimbing di tengah kesibukan beliau yang harus pulang pergi Solo –Jakarta untuk melaksanakan ujian-ujian.

**Prof. dr. Budi Utomo, MPH.**, yang telah membimbing penulis dalam metodologi penelitian, memberi arahan dalam pelaksanaan penelitian juga penulisan disertasi ini. Terima kasih untuk kesediaannya menjadi penguji.

**Prof. Dr. Ir. Tati LE. Rajab M.**, yang selalu menyemangati penulis untuk tetap bergairah dalam menyelesaikan studi dan melaksanakan penelitian ini. Di samping itu juga telah memberikan kejelasan tentang bagaimana penelitian harus dilaksanakan. Terima kasih untuk kesediaannya menjadi penguji.

**Prof. Dr. dr. Putu Astawa, M.Kes, SpOT(K).**, yang dengan penuh kesabaran selalu menyemangati serta memberi arahan dalam pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih sudah menyediakan waktunya pulang pergi Bali –Jakarta untuk menjadi penguji.

**Prof. Errol U. Hutagalung dr.SpOT(K).**, yang telah membimbing dan memberi arahan terhadap pelaksanaan studi dan penelitian.

**Dr. dr. Ratna Djuwita, MPH.**, Ketua Program Studi Epidemiologi Klinik, yang telah membantu penulis dengan bertindak sebagai penguji dan selalu mengingatkan, memberi masukan serta arahan dalam proses penulisan. Terima kasih untuk kesediaannya menjadi penguji.

**Drg. Nurhayati Prihartono, MPH, MSc, ScD.**, yang melalui pertanyaan-pertanyaan pada setiap pertemuan ujian, memberi arahan pada penulis untuk perbaikan proses penulisan disertasi ini. Terima kasih untuk kesediaannya menjadi penguji.

**Dr. dr. Hermawan Nagar Rasyid, SpOT(K), MT (BME), Ph D, FICS.**, yang selalu memberi ide-ide baru dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan disertasi ini. Terima kasih untuk kesediaannya menjadi penguji.

**Prof. Dr. Dr. SudijantoKamso. SKM.**, beserta Komisi Ahli Riset dan Etik Riset FKM UI, yang telah memberikan Lolos Kaji Etik untuk penelitian ini.

**Dr. dr. Titi Masrifahati, MKM.**, direktur RSUD Kota Bekasi yang telah memberi ijin, membantu memfasilitasi hingga penelitian ini dapat berlangsung dengan baik.

**dr. Gatot Ibrahim Wijayadi, SpOT.**, yang selalu mendampingi dan membantu terlaksananya penelitian ini.

Para pasien dan keluarganya yang terlibat pada penelitian ini, terima kasih atas partisipasinya dan kesediaannya menjadi subyek penelitian.

Teman-teman Program Studi Doktoral (Epidemiologi dan Ilmu Kesehatan Masyarakat) yang telah memacu semangat untuk menyelesaikan program studi dan melaksanakan penelitian.

Saudara Indra dan ibu May yang telah membantu kelancaran administrasi sehingga penulis dapat melaksanakan ujian dengan lancar.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada kakak adik serta semua saudara yang seringkali disibukkan berbagai hal terkait program ini, terutama Rini, Puspo, Sari, Niken dan para cucu yang lucu-lucu.

Last but not least, terima kasih untuk anak-anak tersayang Angela Valerie, SDs., Kania Giana SE., dr. Ai Siti Zakiyah, atas pengorbanan dan pendampingan mereka dalam menyelesaikan studi ini.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan telah membantu penulis dalam menyelesaikan disertasi ini.

Semoga Tuhan selalu memberikan tuntunan-Nya dalam pemanfaatan hasil penelitian ini pada RSUD Kabupaten di Indonesia, dan bagi masyarakat luas.

Tuhan Memberkati kita semua, Amen.

Depok, 27 September 2012

Penulis



# HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : HendroyonoKumorocahyo

NPM : 0706310596

Program Studi : Ilmu Epidemiologi

Departemen : Epidemiologi

Fakultas : Kesehatan Masyarakat

JenisKarya : Disertasi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

## **OVER-KOREKSI PADA PENATALAKSANAAN FRAKTUR *GREENSTICK* RADIUS (*Randomized Clinical Trial*)**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengambil alih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 27 September  
2012

Yang menyatakan

(Hendroyono Kumorocahyo)

## RIWAYAT HIDUP

Nama: R.Fx. HendroyonoKumorocahyo

Tempat/tanggallahir : Surabaya, 30 Nopember 1953

Alamat : Villa Taman Kartini C4, No. 43, Bekasi 17113.

[fx.hendroyono@yahoo.com](mailto:fx.hendroyono@yahoo.com)

[balung\\_bekasi@yahoo.com](mailto:balung_bekasi@yahoo.com)

### RiwayatPendidikan :

1. SD Don Bosco, lulus tahun 1965
2. SMP Negeri 6 Surabaya, lulus tahun 1968
3. SMA Negeri 2 Surabaya, lulus tahun 1971
4. FakultasKedokteranUniversitasAirlangga, lulus tahun 1982
5. FakultasKedokteran UI, BagianBedahOrtopediTraumatologi, lulus tahun 1993
6. FakultasKesehatanMasyarakat UI, Program Studi KARS, lulus tahun 2007
7. FakultasKesehatanMasyarakat UI, Program DoktorIlmuEpidemiologi

### RiwayatPekerjaan :

1. PuskesmasAileu, KabupatenAileu, Propinsi Timor Timur, tahun 1983 - 1987
2. KepalaDinasKesehatanKabupatenAileu, Timor Timur, tahun 1985 - 1987
3. Kepala BKKBN KabupatenAileu, Timor Timur, tahun 1985 - 1987
4. RSUD Kota Bekasi, tahun 1994 -sekarang
5. FakultasKedokteranUniversitasTrisakti, tahun 1995 -sekarang
6. FakultasKedokteranUniversitas Kristen Indonesia, tahun 2000- sekarang
7. RS. Bella Bekasi, tahun 1994 - 2006
8. RS Elisabeth Bekasi, tahun 2005 - sekarang
9. RS AwalBrosBekasi, tahun 2006 - sekarang

## ABSTRAK

**Nama** : Hendroyono Kumorocahyo

**Program studi** : Epidemiologi Klinik

**Judul** : Over-koreksi pada penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius

**Latar belakang:** Penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius sering berakibat *malunion* karena angulasi-ulang yang membatasi gerak sendi radio-karpal. Oleh sebab itu perlu diupayakan metoda reposisi yang aman, efektif, dan murah yang dapat dikerjakan sebagai Standar Prosedur Operasional di RSUD kabupaten Indonesia. Reposisi fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi, merupakan pilihan, karena dapat mencegah terjadinya angulasi-ulang.

**Tujuan:** Menilai efektivitas dan keamanan reposisi dengan over-koreksi dalam penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius.

**Rancangan dan metode:** Uji klinis acak, grup paralel, dengan *concealment*. Penelitian melibatkan 92 anak (46 per kelompok) usia 4-14 tahun dengan fraktur *greenstick* radius di RSUD Kota Bekasi, Agustus 2011 sampai Mei 2012. Efektivitas prosedur diukur melalui derajat residu angulasi (minimal ditetapkan  $\leq 5^0$ ), angulasi ulang, pergeseran fragmen fraktur (minimal  $< 25\%$ ), dan risiko pengobatan (untuk mengukur keamanan pasien) mulai saat setelah reposisi 24 jam, minggu pertama sampai minggu ke-4, minggu ke-6 dan minggu ke-10.

**Hasil:** Over-koreksi terbukti efektif dan aman digunakan dalam penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius. Pada semua pengamatan, Insidens Risk untuk terjadinya residu angulasi  $> 5^0$  pada kelompok over koreksi lebih kecil dibandingkan kelompok tanpa over koreksi. Pada minggu kedua, IR pada kelompok over koreksi (0,04) sedangkan kelompok tanpa over koreksi (0,39) dengan Risk Difference -0,35 (95%CI: -0,50 – -0,19). Perbedaan tersebut terlihat konsisten pada seluruh pengamatan. Probabilitas kesintasan lebih besar pada kelompok over-koreksi dibanding tanpa over-koreksi untuk terjadinya angulasi ulang. *Insidence Rate recurrent angulation* pada kelompok over-koreksi lebih kecil dibandingkan tanpa over koreksi dengan risk difference sebesar -0,025 (95% CI: -0,02--0,03). Pada sesaat pasca reposisi hingga minggu pertama perbedaan risiko pergeseran fragmen fraktur  $\geq 25\%$  pada kelompok over-koreksi jauh lebih besar daripada kelompok tanpa over-koreksi namun pada minggu kedua hingga minggu kesepuluh, perbedaan risiko sudah sangat berkurang sehingga tidak didapatkan perbedaan bermakna mulai minggu kedua hingga kesepuluh. Proporsi risiko pengobatan yang terjadi pada pasien sangat sedikit sehingga penelitian ini tidak dapat membuktikan bahwa pengobatan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi lebih baik dalam mengontrol risiko pengobatan

**Kesimpulan:** Over-koreksi efektif dan aman untuk digunakan dalam penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius pada anak.

**Saran:** perlu dilakukan penelitian yang sama yang dilakukan oleh ahli bedah ortopedi lain pada beberapa RSUD di kabupaten di Indonesia

**Kata kunci:** over-koreksi, fraktur *greenstick* radius

## ABSTRACT

**Name** : Hendroyono Kumorocahyo  
**Program of Study** : Clinical Epidemiology  
**Title** : **Over-correction in the management of radius *greenstick* fracture**

**Background:** Management of greenstick radius fracture often results in malunion because re-angulations that restrictive radio-carpal joint. Therefore, needed a safer, effective, and cheaper repositioning method that can be done as a Standard Operating Procedure in district hospitals in Indonesia. Reposition of greenstick radius fracture with over-correction is as choice because it can prevent re-angulations.

**Objective:** Asses the effectiveness and safety of repositioning with over-correction in the greenstick radius fracture management.

**Design and method:** Randomized clinical trial, parallel group, with concealment. This study involved 92 children (46 per group) aged 4-14 years with greenstick radius fracture in Bekasi City General Hospital, August 2011 until May 2012. Effectiveness of the procedure is measured by the degree of residual angulations (minimal  $<5^{\circ}$ ), re-angulations, a shift in the fracture fragments (minimal  $<25\%$ ), and risk of treatment (to measure patient safety) started after 24 hours repositioning, first week until fourth, sixth and tenth week.

**Result:** Over-correction proved effective and safe to use in the management of greenstick radius fracture. In All observations, Incidence Risk for the occurrence of residual angulations is  $>5^{\circ}$  at the over-correction group less than non over-correction group. In the second week, IR at the over-correction group (0,04), while non over-correction (0,39) with Risk Difference -0,35 (95%CI: -0,50 – -0,19). This difference was seen consistently in all observation. Probability of survival at the over-correction group greater than non over-correction group for the occurrence of re-angulations. Incidence Rate recurrent angulations at the over-correction group less than non over correction with risk difference -0,025 (95% CI: -0,02--0,03). After reposition until the first week, the difference of fracture fragment shift's risk  $\geq 25\%$  at the over-correction group, much larger than non over-correction group. But at the second week until tenth week, the difference of risk has been significantly reduced, so that there is no significant difference started at the second week until tenth week. Proportion of treatment risk occurred in patients measly, so that this study cannot prove that the greenstick radius fracture treatment with over-correction better in control the risk of treatment.

**Conclusion:** Over-correction is effective and safe to use in the management of greenstick radius fracture at the children.

**Suggestion:** needs to conduct the same research done by other orthopedic surgeons at several district hospitals in Indonesia

**Key words:** over-correction, greenstick radius fracture.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	I
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
SURAT PERNYATAAN .....	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN .....	iv
TIM PENGUJI .....	v
KATA PENGANTAR .....	viii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR .....	ix
RIWAYAT HIDUP .....	x
ABSTRAK .....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR SINGKATAN.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxii
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Penelitian .....	1
1.2 Masalah Penelitian .....	3
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>2. TINJAUAN KEPUSTAKAAN .....</b>	<b>6</b>
2.1 PenatalaksanaanFraktur <i>Greenstick</i> Radius .....	6
2.2 Over-koreksi .....	6
2.3 Penyembuhan Fraktur.....	11
2.3.1 Peran Sitokin Inflamasi dalam Penyembuhan Fraktur .....	11
2.3.2 Peran <i>Transforming Growth Factor Beta Superfamily</i> dalam Penyembuhan Fraktur .....	12

2.3.3 Peranan Faktor Angiogenik dalam Penyembuhan Fraktur .....	14
2.3.4 Osteogenesis Distraksi ( <i>Distraction Osteogenesis</i> ).....	14
2.3.5 Tahap-tahap Penyembuhan Fraktur .....	15
2.4 Risiko Pengobatan .....	18
2.5 Proses Biomolekuler pada Over-Koreksi .....	19
2.6 Mekanotransduksi .....	19
2.7 Osteoklastogenesis.....	24
2.7.1 Regulasi Osteoblas terhadap Osteoklastogenesis.....	25
2.7.2 Sinyal RANKL atau RANK.....	25
2.8 Modeling dan Remodeling.....	26
2.8.1 Proses Modeling Jaringan tulang.....	27
2.8.2 Proses Remodeling Jaringan tulang.....	28
2.8.3 Piezoelektrik pada Modeling Remodeling .....	30
2.8.4 Mekanisme Piezo Elektrik.....	30
2.8.5 Piezoelektrik dan Remodeling tulang.....	30
2.9 Pilihan Terapi Fraktur <i>Greenstick</i> Radius.....	31
2.10 Kerangka teori.....	31
<b>3. KERANGKA KONSEP, HIPOTESIS DAN DEFINISI OPERASIONAL.....</b>	<b>32</b>
3.1 Kerangka Konsep.....	32
3.2 Penelitian terkait.....	35
3.3 Hipotesis.....	36
3.3.1 Hipotesis Mayor .....	36
3.3.2 Hipotesis Minor .....	36
3.3 Definisi Operasional.....	36
<b>4. DESAIN DAN METODE PENELITIAN.....</b>	<b>42</b>
4.1 Desain Penelitian.....	42
4.2 Metode Penelitian.....	42
4.2.1 Tempat Penelitian.....	42
4.2.2 Waktu Penelitian.....	42
4.3 Populasi penelitian.....	42

4.3.1	Populasi target.....	42
4.3.2	Populasi terjangkau.....	42
4.4	Kriteria Inklusi dan Eksklusi.....	43
4.4.1	Kriteria inklusi.....	43
4.4.2	Kriteria eksklusi.....	43
4.4.3	Kriteria <i>drop-out</i> .....	43
4.5	Perhitungan Besar Sampel.....	43
4.6	Alokasi subyek Penelitian.....	44
4.7	Alur penelitian.....	46
4.8	Teknik Reposisi dengan melakukan Over-koreksi .....	50
4.9	Pengolahan dan Analisa Data.....	52
4.10	Etika.....	54
<b>5.</b>	<b>HASIL PENELITIAN .....</b>	<b>56</b>
5.1	Pelaksanaan Penelitian.....	56
5.2	Analisis Univariat.....	57
5.3	Analisis Bivariat.....	59
5.3.1	Derajat Residu Angulasi.....	59
5.3.2	Analisis Survival Angulangi-ulang ( <i>Recurrent Angulation</i> ) .....	62
5.3.3	Pergeseran Fragmen Fraktur .....	64
5.3.4	Risiko Pengobatan .....	66
5.4	Hasil Uji Hipotesis.....	68
5.4.1	Hipotesis Mayor .....	68
5.4.2	Hipotesis Minor .....	69
<b>6.</b>	<b>PEMBAHASAN .....</b>	<b>71</b>
6.1	Keterbatasan Penelitian .....	71
6.2	Generalisasi Hasil Penelitian .....	71
6.3	Ketepatan Metode.....	72
6.4	Ketepatan Analisis .....	73
6.5	Pembahasan Hasil Penelitian .....	73
6.5.1	Derajat Residu Angulasi.....	73

6.5.2 Angulangi-ulang ( <i>Recurrent Angulation</i> ) .....	75
6.5.3 Pergeseran Fragmen Fraktur .....	76
6.5.4 Risiko Pengobatan .....	77
<b>7. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>82</b>
7.1 Kesimpulan .....	82
7.2 Saran .....	82
DAFTAR PUSTAKA .....	84
LAMPIRAN .....	96





## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Contoh Alokasi Subyek Penelitian dengan Randomisasi Blok yang Terstratifikasi oleh Variabel Jarak Garis Fraktur terhadap Epifisis Distal Radius.....	45
Tabel 5.1	Perbandingan Data Dasar dari Pasien dengan Teknik Reposisi yang Berbeda .....	58
Tabel 5.2	Perbandingan Derajat Residu Angulasi $>5^0$ Pasca Reposisi .....	61
Tabel 5.3	Kesintasan ( <i>survival</i> ) <i>Recurrent Angulation</i> 10 Minggu Penderita Fraktur <i>Greenstick</i> Radius di RSUD Kota Bekasi .....	64
Tabel 5.4	Perbedaan Risiko <i>Recurrent Angulation</i> 10 Minggu Penderita Fraktur <i>Greenstick</i> Radius di RSUD Kota Bekasi.....	64
Tabel 5.5	Perbandingan Pergeseran Fragmen Fraktur $\geq 25\%$ Pasca Reposisi	65
Tabel 5.6	Risiko Pengobatan.....	113

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Cast-index = $x/y$ .....	9
Gambar 2.2	Over-koreksi fraktur greenstick radius.....	10
Gambar 2.3	Tahapan penyembuhan fraktur dan proses bio molekulernya .....	11
Gambar 2.4	Perbandingan antara proses osteogenesis distraksi pada sisi hasilover-koreksi dan proses penyembuhan fraktur pada sisi fraktur yang berdekatan .....	17
Gambar 2.5	Mekanotransduksi pada jaringan tulang.....	19
Gambar 2.6	Mechanocoupling.....	20
Gambar 2.7	Transmission of signal.....	21
Gambar 2.8	Effector cell response.....	22
Gambar 2.9	Jalur-jalur mekanotransduksi.....	23
Gambar 2.10	Proses mekanotransduksi pada gap-junction osteosit-osteoklas dan osteosit-osteoblas.....	24
Gambar 2.11	Tahapan pembentukan Osteoklas.....	25
Gambar 2.12	Ekspresi Gen pada Osteoklas terhadap beban mekanik.....	26
Gambar 2.13	Proses modeling dan matriks tulang yang akan mengalami penulangan.....	27
Gambar 2.14	Osteon.....	28
Gambar 2.15	Skema proses pembentukan kalus pada osifikasi pada penyembuhan fraktur .....	29
Gambar 2.16	Terbentuknya Osteoklas dan Osteoblas.....	29
Gambar 2.17	Bagan Kerangka Teori penatalaksanaan Fraktur Radius Anak.....	31
Gambar 3.1	Bagan Kerangka Konsep penelitian.....	32
Gambar 4.1	Bagan alur penelitian.....	49
Gambar 4.2	Traksi-kontertraksi untuk mengatur kesegarisan fragmen fraktur	50
Gambar 4.3	Overkoreksi dalam reposisi fragmen fraktur dengan menggunakan kedua ibu jari.....	50
Gambar 4. 4	Dengan mempergunakan sisi ulna dari kedua tangan, dilakukan molding kearah distal dan proksimal dan mengunci hasil	51

	reposisi dalam ‘fiksasi tiga titik’.....	
Gambar 4.5	Penekanan dengan kedua telapak tangan selama fase pengeringan dari gips sirkuler bawah-siku, untuk mencapai cast-index kurang dari 0,7.....	51
Gambar 5.1	Alur penapisan & rekrutmen subyek penelitian, alokasi intervensi, tindak lanjut dan analisis data .....	57
Gambar 5.2	Residu angulasi minimal yang didapatkan pada reposisi dengan melakukan over-koreksi pada subyek anak laki-laki usia 6 tahun	62
Gambar 5.3	Uji <i>Kaplan-Meier</i> : Probabilitas Kesintasan ( <i>survival</i> ) <i>Reccurent Angulation</i> 10 Minggu Penderita Fraktur <i>Greenstick</i> Radius di RSUD Kota Bekasi berdasarkan Pemberian Perlakuan Over-koreksi pada saat Reposisi.....	63
Gambar 5.4	Pada angulasi awal $>30^0$ , sering terjadi penambahan derajat pergeseran fragmen fraktur pada minggu pertama pasca reposisi	66

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Perbandingan Data Dasar dari Pasien dengan Teknik Reposisi yang Berbeda.....	96
1. Umur (tahun).....	96
2. Kelompok Umur.....	96
3. Jenis Kelamin.....	96
4. Mekanisme Trauma.....	97
5. Tipe Angulasi.....	97
6. Rata-rata Jarak Fraktur dari Epifisis Distal.....	97
7. Jarak Fraktur dari Epifisis Distal.....	98
8. Fraktur Ulna.....	98
9. Klinik.....	98
	-
B. Perbandingan Derajat Residu Angulasi Pasca Reposisi .....	99
1. Sesaat Pasca Reposisi.....	99
2. 24 Jam Pasca Reposisi.....	99
3. 1 Minggu Pasca Reposisi.....	99
4. 2 Minggu Pasca Reposisi.....	100
5. 3 Minggu Pasca Reposisi.....	100
6. 4 Minggu Pasca Reposisi.....	100
7. 6 Minggu Pasca Reposisi.....	107
8. 10 Minggu Pasca Reposisi.....	107
C. Perbandingan RR Derajat Residu Angulasi Pasca Reposisi.....	101
1. Sesaat Pasca Reposisi.....	101
2. 24 Jam Pasca Reposisi.....	102
3. 1 Minggu Pasca Reposisi.....	102
4. 2 Minggu Pasca Reposisi.....	102
5. 3 Minggu Pasca Reposisi.....	103

6. 4 Minggu Pasca Reposisi.....	103
7. 6 Minggu Pasca Reposisi.....	103
8. 10 Minggu Pasca Reposisi.....	104
<b>D. Analisis Recurrent Angulation (Angulasi-Ulang).....</b>	<b>104</b>
<b>E. Perbandingan Pergeseran Fragmen Fraktur Pasca Reposisi.....</b>	<b>106</b>
1. Sesaat Pasca Reposisi.....	106
2. 24 Jam Pasca Reposisi.....	106
3. 1 Minggu Pasca Reposisi.....	106
4. 2 Minggu Pasca Reposisi.....	107
5. 3 -10 Minggu Pasca Reposisi.....	107
<b>F. Perhitungan RR Pergeseran Fragmen Fraktur Pasca Reposisi.....</b>	<b>107</b>
1. Sesaat Pasca Reposisi.....	107
2. 24 Jam Pasca Reposisi.....	108
3. 1 Minggu Pasca Reposisi.....	108
4. 2 Minggu Pasca Reposisi.....	108
5. 3 -10 Minggu Pasca Reposisi.....	109
<b>T. Risiko Pengobatan.....</b>	<b>109</b>
ROM (sesaat pascareposisi).....	109
ROM (24 jam pascareposisi).....	109
ROM (1 minggu pascareposisi).....	110
ROM (2 minggu pascareposisi).....	110
ROM (3 minggu pascareposisi).....	110
ROM (4 minggu pascareposisi).....	110
ROM (6 minggu pasca reposisi).....	110
ROM (10 minggu pascareposisi).....	111
Bengkak pada jari (sesaat pascareposisi).....	111
Bengkak pada jari (24 jam pascareposisi).....	111
Bengkak pada jari (1 minggu pascareposisi).....	111

Bengkakpadajari (2 minggupascareposisi).....	112
Bengkakpadajari (3 minggupascareposisi).....	112
Bengkakpadajari (4 minggupascareposisi).....	113
Bengkakpadajari (6 minggupascareposisi).....	113
Bengkakpadajari (10 minggupascareposisi).....	113
NVD (sesaatpascareposisi).....	113
NVD (24 jam pascareposisi).....	113
NVD (1 minggupascareposisi).....	113
NVD (2 minggupascareposisi).....	113
Sindrom Kompartemen (sesaatpascareposisi).....	113
Sindrom Kompartemen (24 jam pascareposisi).....	113
Sindrom Kompartemen (1 minggupascareposisi).....	114
Sindrom Kompartemen (2 minggupascareposisi).....	114
<i>Callus formation</i> (sesaatpascareposisi).....	114
<i>Callus formation</i> (24 jam pascareposisi).....	114
<i>Callus formation</i> (1 minggupascareposisi).....	114
<i>Callus formation</i> (2 minggupascareposisi).....	114
<i>Callus formation</i> (4minggupascareposisi).....	115
<i>Callus formation</i> (6 minggupascareposisi).....	115
GipsLonggar (2 minggupascareposisi).....	115
GipsLonggar (3 minggupascareposisi).....	115

## DAFTAR SINGKATAN

ALP	<i>AlkaliPhospatase</i>
AP-1	<i>Activator Protein-1</i>
ARR	<i>Absolute Risk Reduction</i>
AUC	<i>Area Under Curve</i>
BMP	<i>Bone Morphogenic Protein</i>
BMU	<i>Bone Multiselluler Unit</i>
BOR	<i>Bed Occupation Rate</i>
BTO	<i>Bed Turn Over rate</i>
CER	<i>Control Even Rate</i>
CIMC-4	<i>Conditonally Immortalized Murine Calvarial cells</i>
COX-2	<i>Cyclooxygenase 2</i>
CX43	<i>Connexin 43</i>
DAG	<i>Diacylglycerol</i>
DC-STAMP	<i>Dendritic Cells Specific Transmembrane Protein</i>
DKK	<i>Dickkopf related protein</i>
EER	<i>Experimental Even Rate</i>
ESIN	<i>Elastic Stable Intramedullary Nailing</i>
GPCR	<i>G-Protein Coupled Receptor</i>
HA	<i>Hydroxy Apatite</i>
HSC	<i>Hematopoetic stem Cells</i>
IGD	<i>Instalasi Gawat Darurat</i>
IGF	<i>Insulin-like Growth factor</i>
IR	<i>Incidence Rate</i>
ITT	<i>Intention To Treat</i>
IFN- $\gamma$	<i>interferon gamma</i>
JNK	<i>c-Jun Kinase</i>
LOS	<i>Length Of Stay</i>
LPS	<i>Lipopolysaccharides</i>
MAPK	<i>Mitogen Activated Protein Kinase</i>
M-CSF	<i>Microphage Colony Stimulating Factors</i>
MITF	<i>Microphthalmia Inducing Transcriptional Factors</i>
MMPs	<i>Metaloproteinase matriks</i>
MSC	<i>Messencim Stromal Cells</i>
NKcell	<i>Natural Killer cell</i>
NNT	<i>Number Needed to Treat</i>
NOS	<i>Nitric Oxide Synthase</i>
OB	<i>Osteoblast</i>
OBF	<i>Obrien Flemming</i>
OCY	<i>Osteocyte</i>
OPG	<i>Osteoprotegrine</i>
OSCAR	<i>Osteoclast Associated Receptor</i>
OSX	<i>Osterix</i>
PDFC	<i>Primary Definitive Fracture Care</i>

PDMS	<i>Polydimethylsiloxane</i>
PGE <sub>2</sub>	<i>Prostaglandin E<sub>2</sub></i>
PKA	<i>Protein Kinase A</i>
PKC	<i>Protein Kinase -C</i>
PLC	<i>Phospholipase-C</i>
PTH	<i>Parathyroid Hormone</i>
RANK	<i>Receptor Activator Nf Kappa <math>\beta</math></i>
RANKL	<i>Receptor Activator Nf Kappa <math>\beta</math> Ligand</i>
RCT	<i>Randomized Controlled Trial</i>
RD	<i>Risk Difference</i>
ROC	<i>Receiver Operating Characteristic</i>
ROM	<i>Range Of Motion</i>
RRR	<i>Relative risk Reduction</i>
RSUD	<i>RumahSakitUmum Daerah</i>
SBF	<i>Stimulated Body Fluid</i>
SOP	<i>Standard OperationalProsedure</i>
SSRE	<i>Shear Stress Response Element</i>
TGF	<i>Transforming Growth Factor</i>
TNF	<i>Tumor Necroting Factor</i>
TOI	<i>Turn Over Index</i>
TRAF	<i>TNF-Receptor Associated Factor</i>
TRAP	<i>Tartrate Resistant Acid Phospatase</i>



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Sistem muskuloskeletal pada anak sangat berbeda dengan orang dewasa, tetapi perbedaan tersebut akan semakin berkurang dengan peningkatan usia anak. Dengan demikian, pola cedera yang unik pada anak akan memberikan tantangan dalam menegakkan diagnosa dan pilihan penatalaksanaan ortopedi yang diberikan. Cedera yang paling sering dialami anak-anak adalah cedera lengan bawah dan 45% selalu melibatkan fraktur radius. Penatalaksanaan fraktur lengan bawah pada anak berbeda dengan pada orang dewasa. Pada orang dewasa, penatalaksanaan non operatif tidak memuaskan karena banyak terjadi komplikasi *nonunion*, *malalignment*, gangguan jangkauan gerak sendi dan kekakuan sendi akibat imobilisasi yang terlalu lama, sehingga pengobatan operatif menjadi pilihan. Namun, pada anak, terapi non-operatif untuk fraktur lengan bawah tetap menjadi pilihan karena proses penyembuhan yang cepat dan potensi remodeling yang masih kuat untuk mengatasi residu deformitas yang mungkin terjadi (Carson, Woolridge, Colletti, Kilgore, 2006).

Fraktur *greenstick* radius adalah fraktur radius dengan sebagian korteks masih utuh. Pada anak, periosteum yang tebal dan longgar, kandungan kalsium yang tinggi dan korteks radius yang utuh dapat menjadi kendala. Usaha reposisi pada fraktur *greenstick* sering terkendala oleh angulasi-ulang pasca koreksi, sehingga mengakibatkan residu angulasi yang cukup besar. Residu angulasi pada batas tertentu dapat menghambat remodeling dan mengganggu fungsi lengan bawah (Bachman D, Santora S., 2000).

Peningkatan angulasi-ulang (*recurrent angulation*) dapat terjadi pasca reposisi dan akan dikoreksi spontan dalam minggu kedua atau ketiga pasca reposisi. Prinsip penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius anak meliputi tindakan reposisi fraktur dalam pembiusan, dilanjutkan dengan pemasangan gips sirkuler untuk mempertahankan hasil reposisi. Masih terdapat kontroversi tentang besarnya deformitas angulasi yang dapat dikoreksi oleh proses remodeling, antara

10<sup>0</sup>-25<sup>0</sup> angulasi untuk anak dibawah usia 10 tahun. Kontroversi berlanjut terhadap metoda imobilisasi gips sirkular yang dipilih yaitu diatas siku dengan tiga pilihan posisi lengan bawah (pronasi, supinasi dan netral), atau pilihan imobilisasi gips sirkular dibawah siku dengan *cast index* <0,7. Kontroversi juga terjadi terhadap pilihan perlu atau tidak melakukan over-koreksi terhadap korteks radius yang utuh (Baitner, Perry, Lalonde, Bastrom, Pawelek, Newton, 2007; Noonan & Price, 2007).

Setelah anak berusia 10 tahun hingga 14 tahun, kemampuan koreksi oleh proses remodeling melalui osifikasi endokondral pada fraktur radius akan menurun. *Malunion* fraktur radius akibat residu angulasi yang menetap akan mengakibatkan kecacatan berupa keterbatasan jangkauan gerak sendi siku dan pergelangan tangan, keterbatasan pronasi dan supinasi lengan bawah, *union* yang terlambat, serta pada beberapa kasus bahkan memerlukan koreksi operatif melalui osteotomi pada residu angulasinya (Vorlat & De Boeck, 2003).

Kapasitas remodeling fraktur radius tergantung pada usia, letak garis fraktur, arah angulasi serta derajat residu angulasi. Untuk anak berusia diatas 10 tahun, deformitas rotasional tidak dapat diatasi oleh proses remodeling pada proses penyembuhan fraktur radius (Charles & Enric, 2006).

Refraktur pada lengan bawah anak sering terjadi akibat fraktur berulang ditempat yang sama, perfusi lokal yang rusak, pembukaan gips yang terlalu dini, teknik pemasangan gips yang kurang baik atau reduksi fraktur yang tidak cukup. Penelitian lain menyatakan bahwa refraktur pada tulang lengan bawah yang terjadi pada fraktur *greenstick* radius atau ulna akan sembuh dengan angulasi menetap dengan insidensi 5% dari fraktur radius anak (Bochang, Jie Zhigang, Weigl, Bar-On & Katz, 2005; Park, 2007).

Selama ini, penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius dilakukan dengan reposisi fraktur dalam pembiusan, yang dilanjutkan dengan imobilisasi gips sirkuler di atas-siku. Setelah empat minggu, gips sirkuler atas-siku diganti dengan gips sirkuler bawah-siku selama dua minggu berikutnya. Penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius yang disarankan adalah melakukan over-koreksi saat reposisi fraktur, dilanjutkan dengan imobilisasi gips sirkuler bawah-siku dengan *cast-*

*index*  $\leq 0,7$  selama enam minggu, sambil melakukan latihan kontraksi isometrik otot jari-jari tangan otot lengan bawah.

## 1.2 MASALAH PENELITIAN

Meningkatnya kejadian re-fraktur pada radius anak selama tiga tahun berturut-turut (11%- tahun 2006, 12%- tahun 2007, 14%- tahun 2008) di RSUD Kota Bekasi dan jumlah operasi osteotomi koreksi untuk *malunion* fraktur radius anak yang semakin meningkat (2% - tahun 2006, 8.4% - tahun 2007) merupakan data statistik yang menjadi dasar perumusan masalah penelitian. Selain itu didapatkan juga data bahwa kasus fraktur *greenstick* radius yang terlambat datang berobat menyumbang 82% penyebab morbiditas (Profil RSUD Kota Bekasi, 2007; Hulley et al., 2007).

Di RSUD Kota Bekasi, kejadian fraktur radius (ICD 9.13) dilaporkan 232 kasus per tahun (2006) dan hanya 80 kasus terjadi pada usia dibawah 14 tahun. Pada tahun yang sama fraktur *greenstick* radius tercatat 53 kasus (Profil RSUD Kota Bekasi, tahun 2006).

Setelah dilakukan pendalaman terhadap masalah refraktur radius pada anak dengan peningkatan insidensi operasi osteotomi korektif; didapatkan faktor penyebab yang mendasari kedua hal tersebut adalah derajat residu angulasi yang tinggi, hingga melebihi  $30^\circ$  yang diakibatkan oleh penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius yang masih perlu diperbaiki. Masalah penelitian yang muncul kemudian adalah perlu memperbaiki kualitas penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius sehingga dapat meminimalkan derajat residu angulasi pasca reposisi. Penurunan kejadian *malunion* fraktur *greenstick* radius diharapkan dapat mengurangi risiko tindakan operatif dengan biaya lebih besar, sebagai alternatif pilihan metoda pengobatan selanjutnya (Bryan, Overton, Schrader, Riley, Fleissner, 2002; Yuefeng, Cowin, Schaffler, Weinbaum, 2008).

Kontroversi penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius anak, memberi peluang melakukan uji klinik terhadap kebutuhan over-koreksi dan penilaian terhadap efektivitas immobilisasi gips sirkuler bawah siku dengan *cast index*  $\leq 0,7$ . Pilihan ini aman, efisien, serta dapat mencegah kekakuan sendi siku yang sering terjadi pada metoda pengobatan selama ini dan diharapkan dapat menjadi acuan

bagi penatalaksanaan oleh para dokter yang bertugas di kabupaten diseluruh Indonesia (Bohm, Bubbar, Hing, Dzus, 2006; Webb, Galpin, Armstrong, 2006; Grobee, Hoes, 2009).

### 1.3 PERTANYAAN PENELITIAN

Apakah penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi saat melakukan reposisi dalam pembiusan dapat mengendalikan residual angulasi, pergeseran fragmen fraktur, dan risiko pengobatan dibandingkan dengan reposisi fraktur tanpa melakukan over-koreksi saat melakukan reposisi dalam pembiusan, dilanjutkan imobilisasi gips sirkuler bawah siku ( $cast-index \leq 0,7$ )?

### 1.4 TUJUAN PENELITIAN

Mengetahui pengaruh penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi saat reposisi dalam pembiusan terhadap kejadian residual angulasi, pergeseran fragmen fraktur, angulasi ulang, dan risiko pengobatan.

### 1.5 MANFAAT PENELITIAN

Dalam pengembangan ilmu pengetahuan, penelitian ini meneruskan rantai temuan teoritis penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius, sehingga dapat menguatkan temuan yang selama ini ada dan memberikan pembaharuan (*novelty*) dalam metoda pengobatan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan untuk penelitian lanjutan tentang prediksi keberhasilan terapi fraktur *greenstick* radius melalui penyusunan sistem skoring, yang akan banyak membantu petugas di lapangan.

Melalui pendekatan bio-molekuler, penelitian ini diharapkan dapat membuktikan bahwa over-koreksi saat reposisi dapat memperbaiki rotasi fragmen distal fraktur, dan derajat jangkauan gerak sendi sehingga dapat mengurangi cacat gerak pasca penatalaksanaan. Diharapkan perbaikan residu angulasi akan tetap terjadi walaupun usia anak sudah mendekati usia penutupan lempeng pertumbuhan pada distal radius.

Over-koreksi diharapkan dapat menghilangkan akibat buruk fraktur ulna yang terjadi bersamaan dengan fraktur *greenstick* radius. Kemampuan koreksi pada rotasi dan angulasi berlebih dari fragmen distal fraktur (*epiphyseal normalization*), dapat difasilitasi oleh over-koreksi melalui prosedur yang sederhana, aman dan mudah pada saat reposisi. Over-koreksi dapat mencegah kehilangan hasil reposisi pada fraktur *greenstick* radius yang disertai dengan fraktur ulna. Penelitian ini juga memberikan peluang untuk mengamati proses osteogenesis distraksi pada korteks radius yang semula tersisa utuh dan menjadi fraktur dua-korteks setelah perlakuan over-koreksi.

Manfaat praktis hasil penelitian diharapkan menjadi rujukan kebijakan penyusunan Pedoman Penatalaksanaan Fraktur *Greenstick* Radius Anak. Untuk Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten dapat memanfaatkan penatalaksanaan yang baru untuk fraktur *greenstick* radius. Mengembangkan hasil penelitian untuk pengembangan ditingkat molekuler, untuk menggali fakta temuan ini pada tingkat yang lebih dalam.

## BAB 2

### TINJAUAN KEPUSTAKAAN

#### 2.1 Penatalaksanaan Fraktur *Greenstick* Radius

Over-koreksi pada reposisi fraktur *greenstick* radius sejak lama merupakan salah satu kontroversi dalam prosedur penatalaksanaan. Kejadian angulasi-ulang (*recurrent angulation*) akan berkurang apabila fraktur *greenstick* berubah menjadi fraktur lengkap dua-kortek, sementara kejadian pergeseran fragmen fraktur tetap merupakan risiko saat pengobatan fraktur *greenstick* radius. Pada prinsipnya, penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius terdiri dari dua tahap, meliputi tahap reposisi dan reduksi fragmen fraktur, dilanjutkan dengan tahap imobilisasi untuk menjaga hasil reduksi dengan meletakkan hasil reposisi dalam gips sirkuler atas-siku untuk masa dua hingga tiga minggu yang kemudian dilanjutkan dalam gips sirkuler bawah siku hingga total 6 minggu masa imobilisasinya (Kaewpornawan, 2005).

Konsep Evans mengatakan bahwa angulasi dorsal dan angulasi volar akibat pronasi dan supinasi lengan bawah dapat dikoreksi dengan melakukan koreksi pronasi lengan bawah. (Baitner, dan kawan-kawan, 2007). Dalam reposisi fraktur *greenstick* radius dengan koreksi rotasi tanpa over-koreksi dilakukan juga oleh Rang (1974), Davis dan Green (1976), Fernandez (1981). Mereka berpendapat bahwa tidak perlu merubah fraktur *greenstick* menjadi fraktur yang lengkap; setelah meluruskan korteks utuh yang mengalami angulasi, periosteum dorsal yang utuh akan dijaga tetap lurus oleh tekanan dari gips sirkuler melalui prinsip 'fiksasi tiga titik' (Rockwood & Wilkins, 2009).

Over koreksi dilakukan setelah membandingkan bahwa kedua metoda reposisi belum berhasil menunjukkan perbedaan pada penelitian yang dilakukan pada 14 sampel penelitian (Kaewpornawan, 2005). Kejadian angulasi-ulang di dalam gips sirkuler yang mengikuti proses reposisi tanpa over-koreksi yang dialami oleh Beekman (1941), Blount (1942), Charnley (1968), Hughston (1967), Mc. Laughlin (1959), Pollen (1973), Stuhmer (1980); dilaporkan dalam artikel yang berjudul '*State-Of-The-Art Treatment Of Forearm Shaft Fractures*' (Schmittenebecher, 2005). Schmittenebecher (2005), Kehr, Karger, Herring, Tachjian

(2007) menganjurkan dilakukan over-koreksi untuk mengubah fraktur *greenstick* menjadi fraktur dua korteks saat reposisi dalam pembiusan.

Over-koreksi diperlukan bukan saja untuk menahan angulasi ulang, tetapi yang utama adalah untuk mencegah pergeseran antar fragmen fraktur yang dapat berakibat refraktur (Wilkins, 1991; Chess, 1994).

Tingkat komplikasi yang terjadinya faktor risiko kehilangan hasil reduksi tetap sama, berupa pengaruh fraktur ulna sebagai fraktur penyerta dan derajat residu angulasi yang besar sebagai hasil reposisi awal fraktur (Boyer, 2002) dan Bohm, 2006).

Apabila terjadi pergeseran fragmen fraktur selama pengobatan, dianjurkan fiksasi intermedular pin perkutan untuk mencegah pergeseran ulang terutama untuk fraktur sepertiga tengah radius (Yung et al, 1998). Pada anak-anak yang hiperaktif, kegagalan mempertahankan hasil fiksasi radius dan ulna, sangat mengandalkan metoda tersebut (Schmittenebecher, 2005).

Uji klinik secara random membuktikan bahwa teknik reposisi manual dan immobilisasi gips sirkuler dengan tambahan fiksasi dengan kawat Kirschner memberikan hasil yang lebih stabil daripada immobilisasi gips sirkuler atas-siku saja (Mc. Lauchlan, 2002). Pada kelompok yang tidak mendapat perlakuan over-koreksi, residu angulasi terbesar ditemukan pada minggu kedua, sehingga memerlukan usaha remanipulasi fraktur radius (Kaewpornawan dan Numkanisorn, 2005).

Kontroversi penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius masih berlanjut terhadap posisi lengan bawah yang tepat, pada saat immobilisasi gips sirkuler setelah reposisi fraktur. Konsep Evans tentang pronasi lengan bawah untuk fraktur dengan angulasi volar dan supinasi lengan bawah untuk fraktur dengan angulasi dorsal telah banyak diikuti. Konsep ini didukung oleh beberapa ahli seperti Blount (1942), Rang (1974), Davis dan Green (1976). Namun, Pollen (1973) menganjurkan immobilisasi gips sirkuler dalam posisi supinasi setelah melakukan over-koreksi pada kedua jenis deformitas angulasi. Pollen berpendapat usaha menonaktifkan kontraksi otot Brachioradialis dengan cara memposisikan lengan bawah dalam posisi supinasi akan mencegah angulasi ulang (*recurrent*

*angulation*) (Bryan, Overton, Schrader, Riley, Fleissner, 2002;Bohm, Bubbar, Hing, Dzus, 2006).

Keberhasilan derajat koreksi spontan residu angulasi dipengaruhi oleh usia pasien, jarak garis fraktur terhadap epifisis, jumlah derajat deformitas angulasi, dan arah. Pada koreksi angulasi yang besar, selalu terjadi angulasi ringan yang sulit diprediksi (Hogstorm, 1976). Tingkat koreksi angulasi yang besar melalui pertumbuhan hanya ditemukan pada anak-anak berusia di bawah usia 10 tahun. Pada kelompok usia ini, semua deformitas angulasi sampai 10° akan dikoreksi secara sempurna. Sekitar 61% fraktur *greenstick* radius dengan angulasi 26° pada sepertiga tengah akan terkoreksi dengan baik (Gandhi, 1962). Evaluasi dilakukan terhadap residu angulasi epifise distal radius dan ulna pada kelompok anak-anak berusia 1-15 tahun dengan fraktur sepertiga distal lengan bawah. Setelah penyembuhan fraktur dengan deformitas angulasi, ditemukan inklinasi abnormal lempeng epifise. Inklinasi tersebut menginduksi perubahan lempeng pertumbuhan (Friberg, 1979). Pada saat proses normalisasi berlanjut, tingkat koreksi akan mengalami penurunan. Residu angulasi yang terjadi juga akan menginduksi perubahan orientasi spasial lempeng epifise dibagian proksimal radius. (Rodriquez dan Merchan, 2005)

Faktor jarak garis fraktur terhadap lempeng epifise dan arah dari angulasi primer lebih berperan. Batas atas angulasi yang ditetapkan masih dapat ditolerasi, meskipun terdapat empat kasus dengan angulasi lebih dari 20°, yang ternyata tidak dapat kembali normal. Remodeling yang terjadibukan disebabkan oleh resorpsi pada sisi cembung deformitas, tetapi karena reorientasi lempeng epifise dalam kombinasi dengan pertumbuhan pada arah longitudinal. (Wakefield dan McQueen, 2000).

Cedera pada radius dan ulna merupakan cedera yang berisiko gangguan fungsional berupa keterbatasan pronasi atau supinasi. Dengan gangguan kesegaran atau pergeseran fragmen fraktur yang minimal, telah dapat berakibat hambatan pronasi dan supinasi yang berat dan makin keproksimal garis fraktur, makin besar kecacatan yang terjadi. (Weinberg, 2001; Zionts, Zalavras dan Gerhardt, 2005).





Gambar 2.1  $Cast-index = x/y$  (Hendroyono, 2009)

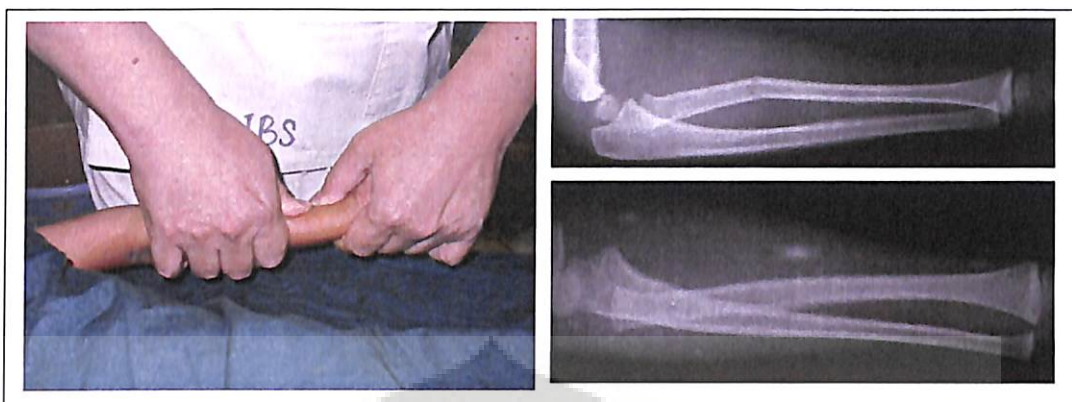
Perhitungan *cast-index* bertujuan mengukur kualitas pemasangan gips sirkuler dan memperkirakan kegagalan imobilisasi pasca reposisi yang berisiko remanipulasi dan pembiayaan yang lebih besar. Pengukuran *cast-index* merupakan penilaian awal yang cepat sebelum dilanjutkan dengan pemasangan gips sirkuler (Malviya, Tsintzas, Mahawa, Bache, Glithero, 2007).

Imobilisasi gips sirkuler dengan *cast-index*  $\leq 0,7$  atau kombinasi imobilisasi gips sirkuler bawah-siku dengan pemasangan kawat perkutaneus dilakukan dengan pertimbangan sering terjadi angulasi ulang dengan sudut yang lebih besar, pergeseran ulang fragmen fraktur radius pasca reposisi tertutup. Kedua metode imobilisasi tersebut cukup stabil, meskipun berisiko kehilangan hasil reduksi pada fraktur *greenstick* radius (Bhatia & Housden, 2006; Bohm, 2006; Bae & Waters, 2008).

Sekitar 95,9% fraktur lengan bawah ditangani secara konservatif dan sering mengakibatkan kecacatan akibat deformitas. Fraktur *greenstick* terbuka yang memenuhi kriteria eksklusi, dapat menggunakan Eksternal Fiksator (Luhmann, Schootman, Schoenecker, 2004).

## 2.2 OVER-KOREKSI

Over-koreksi adalah suatu proses dimana dilakukan tekanan pada kedua ibu jari pada saat reposisi, sehingga sisi korteks yang patah dan sudah menjauh dapat kembali didekatkan kembali sehingga terjadi efek kompresi antar kedua ujung fragmen fraktur. Indikasi keberhasilan over-koreksi adalah ketika kedua fragmen fraktur dapat bergerak terpisah satu terhadap yang lain (Hendroyono, 1999., Wilkins, 2005).

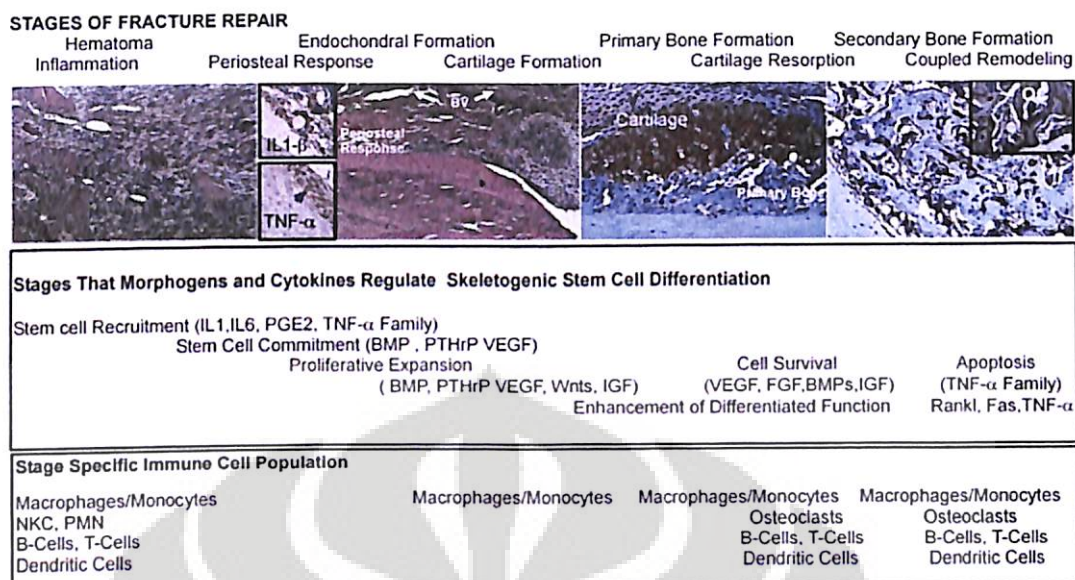


Gambar 2.2 Over-koreksi fraktur *greenstick* radius. (Hendroyono, 2009)

Setelah over-koreksi dilakukan, proses penyembuhan tulang pada sisi konkaf akan mengikuti tiga tahap kaidah osteogenesis distraksi (*Distraction osteogenesis*) meliputi laten, distraksi aktif dan konsolidasi. Sedangkan pada sisi konveks, berlangsung proses penyembuhan tulang (*Fracture repair*) seperti biasa (Lorenzo, 2011)

Jaringan tulang mempunyai kapasitas mendasar pada proses penyembuhan tulang karena fraktur atau proses regenerasi merupakan akibat proses over-koreksi. Kedua proses tersebut yang melibatkan hubungan antar sel yang terintegrasi, *growth factors* dan matriks ekstra selular dikendalikan oleh mekanisme molekuler kompleks yang merupakan interaksi beragam sel dan berasal dari situs fraktur dan sekitar tempat over-koreksi termasuk sirkulasi (Al-Aql, Alagl, Graves, Gerstenfeld, Einhorn, 2008).

Kedua proses penulangan tersebut melibatkan karakteristik osifikasi intra membranus dan osifikasi endochondral dalam penentuan tulang baru. Osifikasi endokondral tampak lebih dominan pada osteogenesis distraksi, sedangkan intramembranus dominan pada proses penyembuhan fraktur. Meskipun regenerasi tulang pada osteogenesis distraksi melalui proses yang sama dengan proses penyembuhan fraktur, setiap proses mempunyai ke-unikan yang berbeda, yang terlihat pada aspek waktu setiap proses, pembentukan tulang dan lokasi penulangan (Epari, 2006).



Gambar 2.3 Tahapan penyembuhan fraktur dan proses biomolekuler.  
(Kon, Lehmann, Gerstenfeld, 2011)

### 2.3. Penyembuhan Fraktur

Perbaikan fraktur mengulangi jalur perkembangan embrio normal dengan partisipasi terkoordinasi beberapa jenis sel yang berasal dari periosteum, korteks, jaringan lunak sekitar fraktur, dan ruang sumsum tulang. Sebagian besar fraktur akan sembuh dengan kombinasi osifikasi endokondral dan osifikasi intramembranus. Osifikasi endokondral biasanya terjadi di luar periosteum di daerah yang kurang stabil dan berdekatan dengan situs fraktur, sedangkan osifikasi intramembranous terjadi internal bawah periosteum pada tepi proksimal dan distal kalus dan akan membentuk kalus keras, yang menjadi jembatan antara daerah kalus keras di celah rekahan pusat yang memberikan stabilisasi awal dan mengembalikan fungsi biomekanik (Baker, 2009).

#### 2.3.1 Peran Sitokin Inflamasi dalam Penyembuhan Fraktur

Sitokin yang diproduksi dan segera berfungsi setelah kejadian trauma pada waktu yang singkat. Sitokin inflamasi tersebut yang meningkat tersebut, menstimulasi proses osteogenesis untuk menyingkirkan tulang rawan yang telah dimineralisasi, dan yang lain diinduksi pada tahap akhir proses *bone remodeling*. Inteleukin -1 dan -6 (IL-1 dan IL-6) dan TNF $\alpha$  berfungsi mengawali kaskade perbaikan. Mereka menginduksi respon terhadap cedera dengan memanggil sel-sel inflamasi yang lain, sintesis matriks *extracelular*, dan stimulasi osteogenesis.

Sitokin tersebut dikeluarkan di daerah cedera oleh sel-sel makrofag, inflamasi dan *mesenchymal*. Ekspresi tersebut meningkat tajam pada 24 jam pertama, kemudian menurun tajam sampai hampir tidak terdeteksi pada hari ke-3. IL-1 dan IL-6 meningkat lagi berhubungan dengan *bone remodeling* yang terjadi selama *secondary bone formation*, peningkatan ekspresi TNF $\alpha$  berhubungan dengan resorpsi mineralisasi tulang rawan pada saat akhir fase endokondral pada perbaikan fraktur. Selanjutnya, dalam usaha menstimulasi osteoklas, TNF $\alpha$  mulai merekrut *mesenchymal stem cells* dan menginduksi apoptosis hipertrofik kondrosit selama *endochondral bone formation*. Jika hal tersebut tidak ada, resorpsi mineralisasi kartilago menurun dan konsekuensi mencegah formasi tulang baru. Pada situasi ekspresi TNF $\alpha$  diekspresikan berlebih, akan ada tulang rawan prematur yang hilang yang berkaitan dengan kekurangan formasi dan penyembuhan tulang (Abbas dan Lichtmann, 2007).

Ekspresi *Receptor Activator Nf Kappa  $\beta$  Ligand* (RANKL) dan OPG sama dengan *macrophage colony-stimulating faktor* (MCSF), pada Monosit dalam arteriol merupakan kunci faktor regulasi dalam osteoklastogenesis, meningkat setelah awal trauma selama periode dari resorpsi mineralisasi tulang rawan. Selama fase *Secondary bone formation* dan *bone remodeling*, ekspresi RANKL, OPG, dan MCSF ekspresinya menurun selama resorpsi tulang rawan. Ekspresi IL-1 dan IL-6 meningkat selama *late remodeling* (Jacobs, 2010).

### **2.3.2 Peran *Transforming Growth Faktor Beta Superfamily* dalam Penyembuhan Fraktur.**

*Transforming Growth Faktor Beta* (TGF- $\beta$ ) superfamili terdiri dari banyak *growth and differentiation factors* termasuk *Bone Morphogenetic Proteins* (BMPs), *Transforming Growth Faktor Beta* (TGF- $\beta$ ), *Growth Differentiation Faktors* (GDFs), activins, inhibins dan substansi penghambat Mullerian. Selama penyembuhan fraktur, anggota yang spesifik seperti BMPs (2-8), GDF (1,5,8,10) dan TGF- $\beta$ 1-3 memulai berbagai macam tahap osifikasi tulang intramembranosa dan endokondral (Lieberman, 2002).

### ***Bone Morphogenetic Protein (BMPs).***

Selama proses penyembuhan fraktur, BMPs diproduksi oleh sel mesenchymal, osteoblas dan kondrosit. Fungsi berbagai macam BMPs dapat berbeda atau dapat saling berkolaborasi satu sama lain, demikian pula dengan anggota TGF- $\beta$  family yang lain, untuk memicu kaskade yang memulai pembentukan kartilago dan tulang. Proses selular yang distimulasi meliputi kemotaksis, proliferasi dan diferensiasi *mesenchymal cell*, angiogenesis dan sintesis ekstraselular matriks. Meskipun perbedaan BMPs terkait secara struktural dan fungsi, Pada penyembuhan fraktur, mereka menghasilkan gambaran yang berbeda pada tahap yang berbeda pula. Pada penelitian terhadap Murine, ekspresi BMP-2 mRNA terlihat mencapai maksimal 24 jam setelah trauma, oleh sebab itu BMP berperan mengawali kaskade penyembuhan fraktur. Pada penelitian *in vitro* untuk menganalisis stromal stem sel, terlihat bahwa BMP-2 mengontrol ekspresi BMPs yang lain. Ketika aktivitasnya dihambat, *marrow stromal stem cell* gagal berdiferensiasi menjadi osteoblas (Edgar dan Chakravarthy, 2007).

Selama proses penyembuhan fraktur pada hari ke 14 sampai ke 21, ekspresi BMP-3, -4, -7 dan -8 terlihat dihambat, ketika resorpsi kalsifikasi kartilago dan perekrutan osteoblastic, BMP tersebut aktif dan terjadi *coyle bone formation*. BMP -5 dan -6 dan anggota lain dari TGF- $\beta$  superfamily diekspresikan pada hari ke 3-21. Pada tikus, mereka mempunyai efek regulator pada osifikasi intra membranosa dan endokondral.

BMP-2, BMP-6 dan BMP-9 mungkin merupakan penghambat diferensiasi sel mesenchymal, dan BMPs mengawali maturasi dari osteoblas. Telah dilaporkan bahwa ekspresi noggin, yang selama penyembuhan fraktur, memblok BMP-2. BMP-4 dan BMP-7. Gambaran noggin mirip dengan BMP-4, yang merupakan faktor penting dalam regulasi pembentukan kalus selama penyembuhan fraktur.

### ***Transforming Growth Faktor Beta(TGF-B)***

Setelah awal kejadian fraktur, ada tiga jenis TGF- $\beta$  yaitu TGF- $\beta$ 1-3 yang diproduksi oleh degranulasi platelet yang mengawali pembentukan kalus. Mereka juga diproduksi oleh osteoblas dan kondrosit pada fase akhir, yang memicu

proliferasi sel sebaik *mesenchymal* sel dan pre-osteoblas. Keberadaan TGF- $\beta$  untuk berperan peranan penting dalam proses kondrogenesis dan pembentukan tulang endochondral. TGF- $\beta$  menginduksi ekspresi protein matriks ekstraselular. Pada tikus, ekspresi TGF- $\beta$ 2 dan TGF- $\beta$ 3 meningkat pada hari ke 7 setelah fraktur, ketika ekspresi kolagen tipe II meningkat, dan muncul berhubungan dengan pembentukan kartilago. Ekspresi TGF- $\beta$ 1 yang konstan selama proses penyembuhan fraktur. TGF- $\beta$ 2 dan TGF- $\beta$ 3 berperan penting selama penyembuhan fraktur, sejak ekspresi yang meningkat selama *critical phase* dari kondrogenesis (Phillips, 2005).

### 2.3.3 Peran Faktor Angiogenik dalam Penyembuhan Fraktur.

Penyembuhan fraktur yang optimal tergantung pada vaskularisasi yang adekuat dan membutuhkan perkembangan pembuluh darah baru. Selama penyembuhan fraktur endokondral, transisi kartilago kalus menjadi pembentukan tulang baru yang mempresentasikan tahap crucial proses perbaikan (Fowler, Edwards dan Mundy, 2011). Angiogenesis diregulasi oleh 2 jalur, meliputi *Vascular Endothelial Growth Faktor* (VEGF) dan angiopoetin. VEGF berperan sentral dalam neo-angiogenesis dan pada pembentukan tulang endochondral. Osteoblas diketahui berfungsi meningkatkan jumlah VEGF. Penelitian yang lain menyatakan bahwa BMPs berfungsi menstimulasi ekspresi VEGF dan reseptornya. Angiopoetin merupakan protein yang berhubungan dengan pembentukan pembuluh darah besar dan perkembangan cabang kolateral pembuluh darah.

### 2.3.4 Osteogenesis Distraksi – OD (*Distraction Osteogenesis*).

Osteogenesis Distraksi (OD) adalah proses regenerasi tulang, osteotomi diikuti oleh distaksi kuat vaskularisasi pada permukaan tulang, tempat tulang baru terbentuk. Meskipun osifikasi endokondral terjadi pada fase awal OD, tetapi pembentukan tulang intramembranosa merupakan mekanisme utama yang terjadi pada fase akhir. Bentuk ketiga osifikasi, yang sebut sebagai pembentukan tulang transkondroid, juga ikut terjadi. Pada osifikasi transkondroid, tulang chondroid terbentuk secara langsung oleh *chondrocyte-like cells* dengan transisi

jaringan fibrosa menjadi tulang (Al-Aql, Alagl, Graves, Gerstenfeld, Einhorn, 2008).

OD yang terdiri dari tiga tahapan meliputi: *latency*, *distraction*, dan *consolidation*. Tahap Laten terjadi pada awal trauma sampai terjadi respon yang segera mengikuti osteotomy dan berangsur sampai saat aktivasi dari distraksi. Pada tahap distraksi, tekanan yang kuat akan terjadi pada kalus yang akan meregang dan akan terbentuk *central fibrous zone*, yang disebut *fibrous interzone* (FIZ). Bagian ini kaya *chondrocyte-like cells*, fibroblast, dan sel oval dimana dengan morfologi berada di antara fibroblast dan kondrosit. Diferensiasi osteoblas pada FIZ menimbun osteosit sepanjang kumpulan kolagen yang mengkristalisasi mineral dan membentuk *zona of microcolumn formation* (MCF). Diantara FIZ dan MCF, terdapat suatu zona dengan proliferasi sel yang tinggi berupa *primary matrix* atau *mineralization front* (PMF). Pada tahap konsolidasi terjadi tulang dan banyak osteoid mengalami mineralisasi dan remodeling. Pada masa penyembuhan, regenerasi tulang selama OD dipercayai sebagai respon regangan mekanik di kalus, tetapi mekanisme yang tepat belum diketahui.

### 2.3.5 Tahap-tahap Penyembuhan fraktur:

#### Tahap Hematoma dan inflamasi

Pada penatalaksanaan konservatif, penyembuhan fraktur radius mengikuti kaidah dan tahapan seperti berikut (Al-Aql, Alagl, Graves, Gerstenfeld, Einhorn, 2008):

##### a. Hematoma

Ketika terjadi kerusakan jaringan, sel makrofag dan sel-sel inflamasi mengeluarkan interleukin-1 (IL-1), interleukin-6 (IL-6) dan Tumor Necrotic Factor alfa (TNF- $\alpha$ ). Hal tersebut memulai kaskade penyembuhan fraktur yang Mereka menginduksi respon cedera dengan cara merekrut sel-sel inflamasi yang lain, meningkatkan sintesis matriks ekstraselular, dan merangsang angiogenesis.

##### b. Fase Inflamasi

Pada fase ini, platelet mengeluarkan *Transforming Growth Factor Beta* (TGF $\beta$ ) dan *Platelet-derived growth factor* (PDGF). Selain itu, osteoblas mengeluarkan

*Bone Morphogenetic protein-2* (BMP-2). Peningkatan ketiga faktor tersebut memulai pembentukan kalus.

### **Tahap proliferasi**

Pada tahap ini, *Growth Differentiation Factors-8* (GDF-8) yang dibatasi sampai hari pertama berperan dalam proliferasi selular.

### **Tahap pembentukan kalus**

#### a. Chondrogenesis

Pada tahap ini, jumlah TGF- $\beta$ 2, - $\beta$ 3, and GDF-5 yang diproduksi oleh platelet, osteoblas dan kondrosit mencapai puncak karena keterlibatan mereka dalam pembentukan kalus.

#### b. Proliferasi sel pada osifikasi intramembranosa

Terjadi pencapaian puncak jumlah BMP-5 dan BMP-6 yang dihasilkan oleh osteoblas.

#### c. Pertumbuhan Pembuluh darah

Angiopoetin dan *vascular endothelial growth factor* (VEGF) diinduksi untuk merangsang pertumbuhan pembuluh darah pada periosteum.

### **Tahap konsolidasi**

#### a. Aktivasi dari osteogenesis.

Terjadi peningkatan TNF- $\alpha$  diikuti dengan penyerapan mineral tulang rawan yang menyebabkan perekrutan sel-sel mesenkim dan induksi apoptosis kondrosit.

#### b. Pembentukan tulang.

Terjadi peningkatan *Receptor activator of nuclear factor-kappaB ligand* (RANKL) yang diproduksi oleh makrofag dan osteoblas serta *Macrophage colony-stimulating factor* (MCSF) yang diikuti penyerapan mineral tulang rawan.

#### c. Osteoklas dan penyerapan tulang rawan.

Jumlah BMP-3, -4, -7, dan -8 meningkat diikuti dengan resorpsi tulang rawan.

#### d. Angiogenesis baru.

Pada tahap ini, BMP-5 dan BMP -6 tetap dalam jumlah yang tinggi, diikuti pula dengan VEGF yang memulai kejadian neo-angiogenesis.



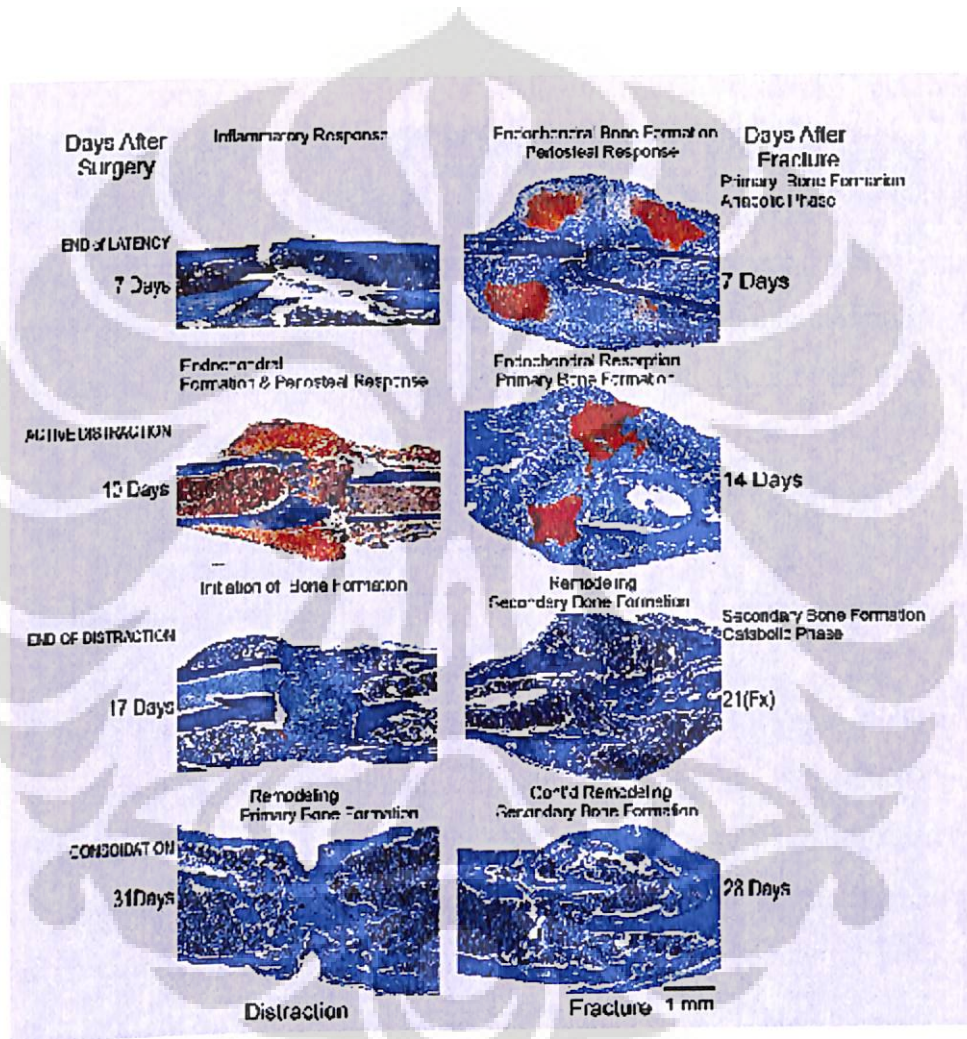
## Tahap remodeling

### a. Bone Remodelling

Jumlah IL-1 dan IL-6 kembali meningkat , sedangkan jumlah RANKL dan MCSF menurun.

### b. Pembentukan sumsum tulang

Jumlah TGF- $\beta$  superfamily menurun.



Gambar 2.4 Perbandingan antara proses Osteogenesis distraksi pada sisi hasil over-koreksi dan proses penyembuhan fraktur pada situs fraktur pasca reposisi. (Al-Aql, Alagl, Graves, Gerstenfeld, Einhorn, 2008)

## 2.4 RISIKO PENGOBATAN

Komplikasi terbanyak reduksi tertutup dan immobilisasi gips sirkuler fraktur radius adalah pergeseran fragmen fraktur (*displacement*) dan kehilangan hasil

reposisi (*loss of reduction*) yang terjadi pada minggu-minggu akhir masa imobilisasi (Alemdaroğlu, Iltar, Cimen, 2008). Deformitas awal berupa angulasi atau derajat pergeseran fragmen fraktur yang besar, merupakan faktor risiko *malunion*. Penurunan derajat supinasi dan pronasi yang terjadi disebabkan oleh rotasi fragmen distal fraktur yang mengubah kesejarisan antar fragmen fraktur radius (Pollen, 1996) dan (Rockwood & Wilkins, 2009). Keterbatasan pronasi dan supinasi tetap terjadi meskipun dengan ketidaksejarisan yang minimal hasil reposisi fraktur, khususnya pada fraktur sepertiga proksimal radius. Sindroma compartmental yang jarang terjadi tetap memerlukan tindakan pembedahan fasciotomi untuk menghindari cacat permanen (Yuan, Philip, Pring, Maya, Gaynor, Tracey, 2004). Risiko refraktur lebih tinggi pada sepertiga proksimal dan sepertiga tengah radius dibandingkan dengan sepertiga distal radius, sehingga masa imobilisasi gips sirkuler perlu diperpanjang untuk mengantisipasi kejadian refraktur tersebut. Risiko refraktur pada lengan bawah ditentukan oleh derajat keparahan fraktur awal, lokasi garis fraktur, residu garis fraktur yang terlihat dan residu pergeseran fragmen fraktur yang tampak pada pemeriksaan radiologis (Grano & Colucci, 2007). Refraktur sering terjadi pada residu angulasi diatas  $30^{\circ}$  dan anak mengalami cedera ditempat yang sama, 9-12 minggu setelah reposisi (Sushil, Dang, Sharma, 2009)

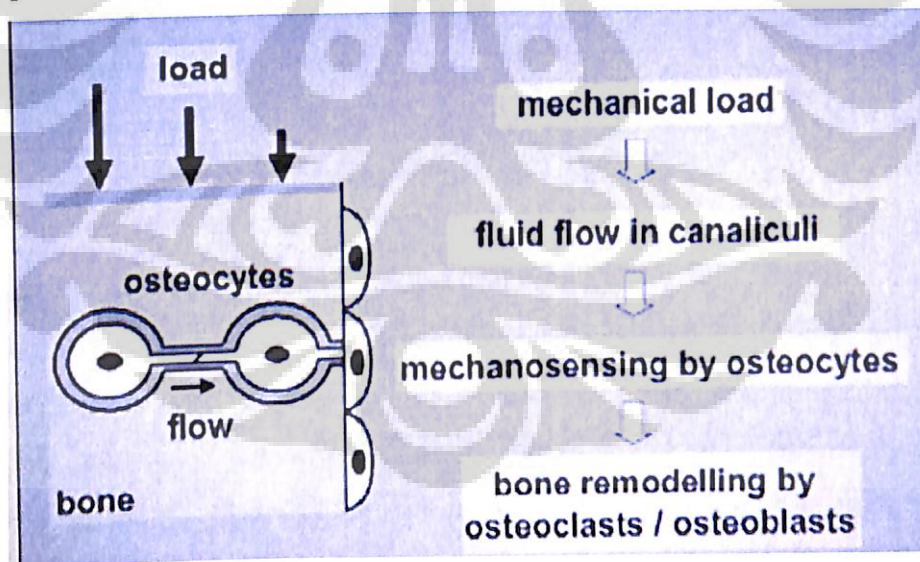
Hingga kini kontroversi tentang over-koreksi korteks yang utuh pada sisi cekung deformitas, untuk mengubah fraktur *greenstick* radius menjadi fraktur dua korteks yang lengkap terus berlanjut. (Bae, 2008) Kelompok over-koreksi berdalih bahwa secara teoritis lebih mudah melakukan perbaikan kesejarisan fragmen tulang radius, mengurangi risiko angulasi ulang, menurunkan tingkat kejadian refraktur karena mencegah pertumbuhan kalus yang tidak merata. Kelompok yang tidak melakukan over-koreksi berdalih bahwa over-koreksi fraktur radius akan menjadi tidak stabil, sehingga sulit menjaga hasil reposisi apabila kedua fragmen fraktur. Metoda apapun yang dipilih, konservatif atau pembedahan, pada akhirnya diharapkan dapat mengurangi semaksimal mungkin kejadian kecacatan fungsi (Schmittenbecher, 2005).

## 2.5 PROSES BIOMOLEKULER PADA OVER-KOREKSI

Proses perbaikan fraktur dimulai oleh respon inflamasi langsung yang mengarah pada perekrutan *mesenchymal stem cells* dan diferensiasi berikutnya ke kondrosit yang menghasilkan tulang rawan dan osteoblas yang membentuk tulang. Setelah matriks tulang rawan diproduksi, dimineralisasi. Transisi mineralisasi tulang rawan menjadi tulang terjadi diawali dengan resorpsi mineral tulang rawan. Pembentukan tulang primer terjadi melalui perbaikan yang membentuk kembali kalus tulang awal dengan pembentukan tulang dan resorpsi sekunder untuk mengembalikan struktur anatomi yang mendukung beban mekanik (Wolf, 1963; Alnaeeli dan Teng, 2009). Dapat dilihat pada gambar 2.4 Tahapan penyembuhan fraktur dan proses biomolekuler (Kon, Lehmann, Gerstenfeld, 2011).

## 2.6 MEKANOTRANSDUKSI

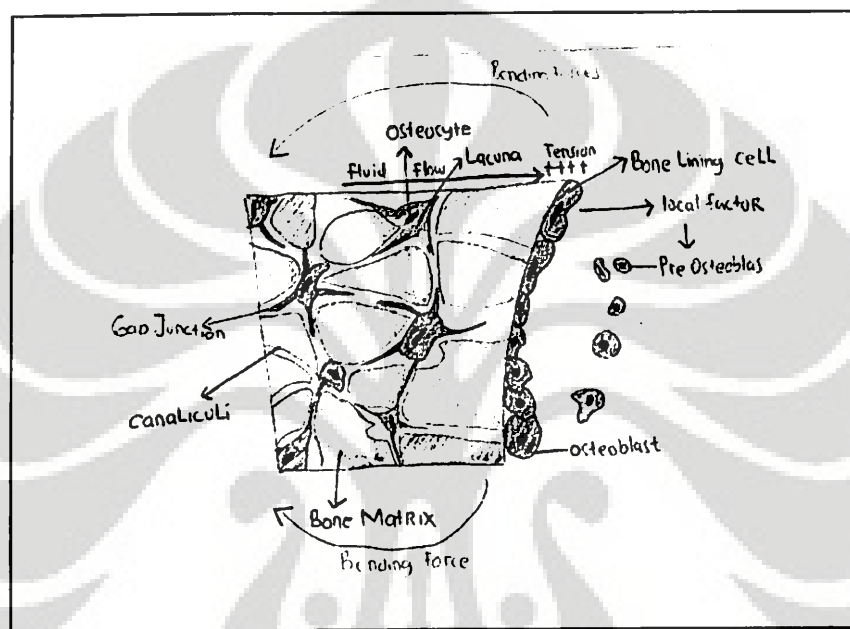
Pembebanan mekanik pada jaringan tulang secara bertahap pada akhirnya akan diatasi dengan peningkatan pembentukan tulang baru di tempat yang sama, melalui proses mekanotransduksi.



Gambar 2.5 Mekanotransduksi pada jaringan tulang  
(Reijnders, Bravenboer, 2006)

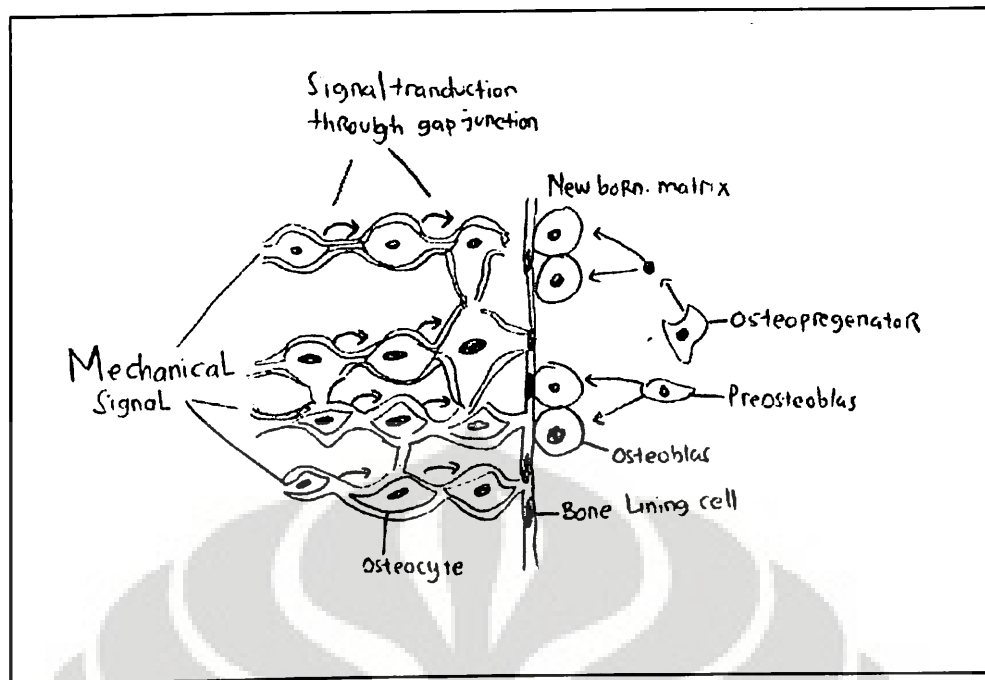
Proses mekanotransduksi mencakup empat tahap, meliputi (1) *mechanocoupling*, (2) *biochemical coupling*, (3) *transmission of signal*, dan (4) *effector cell response*. Pada tahap *mechanocoupling*, beban mekanik menyebabkan

deformasi tulang yang mengakibatkan distorsi sel-sel tulang di permukaan secara berurutan ke sel-sel yang diposisi lebih dalam. Di samping itu, terjadi pergerakan cairan ekstraseluler di dalam sistem lakuna kanalikuli tulang dan berdampak pembebanan dinamis yang dapat menimbulkan arus potensial pada tulang sehingga sangat efektif memberikan rangsangan untuk pembentukan tulang baru. Saat terjadi aliran fluida akibat pembebanan mekanik, sel-sel tulang terangsang untuk memproduksi *second messenger*.



Gambar 2.6 *Mechanocoupling*. (Reijnders, Bravenboer, 2006)

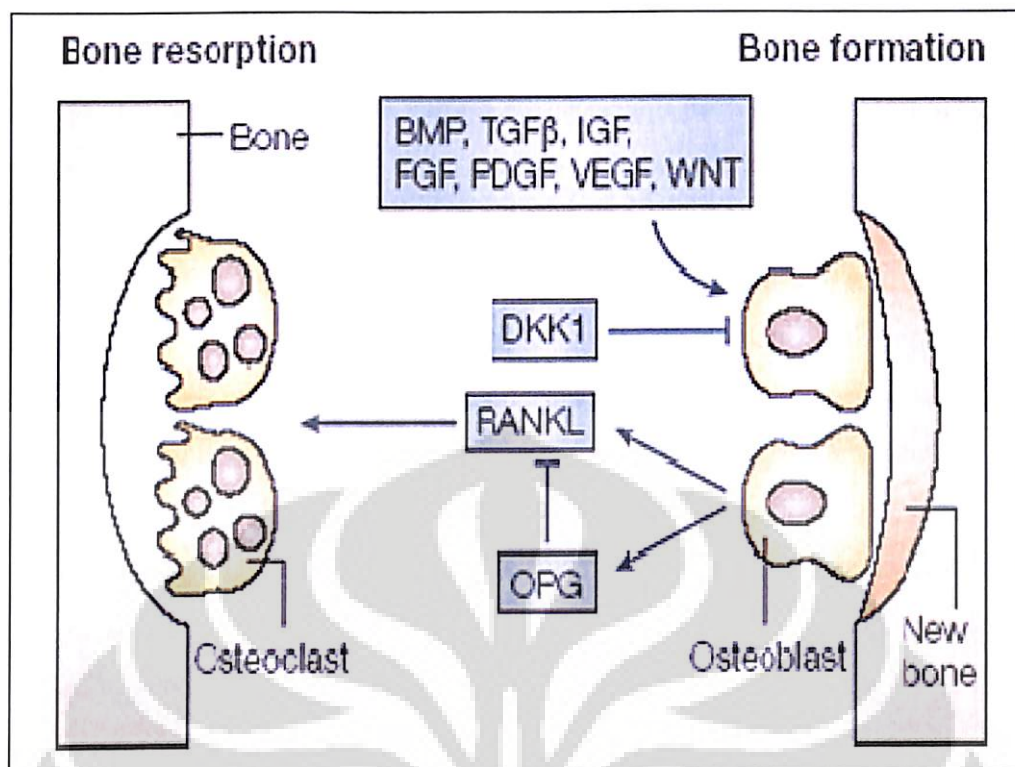
Pada tahap *biochemical coupling*, terjadi proses penghantaran sinyal di tingkat seluler kanalikuli melalui sitoplasma menuju inti sel. Termasuk transduksi mekanik melalui *integrin* – sitoskeleton – struktur matriks inti, saluran kation yang dirangsang oleh regangan dari dinding sel. Penghantaran sinyal yang menembus membran sel terjadi melalui *G protein-dependent pathways* dan perlekatan antara sitoskeleton dan jalur fosfolifase C atau jalur fosfolifase A. Interaksi yang kuat pada tiga jalur tersebut, mendorong terjadi fungsi mekanosensor sel secara menyeluruh dan ternyata banyak jalur berbeda di membran sel yang memungkinkan transduksi sinyal mekanik.



Gambar 2.7 Transmission of signal (Reijnders, Bravenboer, 2006)

Tahap berikutnya adalah transmisi sinyal dari sensor mekanik pada osteosit, osteoblas, dan *bone lining cells*, yang mengalami proses ekspresi gen, berdampak pada sel efektor (osteoblas dan osteoklas). Efek parakrin terlihat ketika terjadi hubungan antara osteosit melalui *gap junctions*, dan terbukti merupakan penghantaran sinyal yang efektif (*hemi-channel*). Sel-sel tulang juga memproduksi faktor-faktor parakrin yang menyampaikan sinyal *osteoprogenitors* untuk mengalami diferensiasi ke dalam osteoblas dan melekat pada permukaan tulang. *Insulin-like growth factors* dan prostaglandin dibutuhkan sebagai penghantar sinyal transduksi mekanik (Reijnders, Bravenboer, 2006).

Pada tahap *effector cell response*, efek pembebanan mekanik bergantung pada kekuatan, durasi, dan kecepatan pembebanan yang berlangsung. Durasi pembebanan yang lebih lama dengan amplitudo pembebanan yang lebih kecil, mempunyai efek yang sama pada pembentukan tulang baru apabila dibandingkan terhadap durasi pembebanan yang lebih singkat dengan amplitudo pembebanan yang lebih besar. Yang terpenting, pembebanan yang terjadi harus bersifat siklik untuk merangsang pembentukan tulang baru. Faktor umur sangat mengurangi efek osteogenik pembebanan mekanik. Beberapa hormon mungkin berinteraksi dengan sinyal mekanik local untuk mengubah sensitifitas sensor atau selektor terhadap pembebanan mekanik.



Gambar 2.8 *Effector cell response* (Reijnders, Bravenboer, 2006)

Pengaruh tekanan dan distraksi di permukaan tulang terhadap glikoprotein yang melapis dan membuat permukaan tulang menjadi lebih sensitif, akan diteruskan ke arah dalam melalui lamella demi lamella dalam osteon. Tekanan mekanik tersebut menyebabkan kematian dan distorsi osteosit pada permukaan tulang, kemudian distorsi dilanjutkan sesuai arah tekanan dan regangan dengan dampak yang makin jauh makin kecil (Ning, 2007). Beban mekanik tersebut menggerakkan cairan ekstraseluler pada kanalikuli yang berisi tonjolan sitoplasma osteosit seperti landak. (Jaalouk dan Jan Lammerding, 2009). Beban mekanik juga diteruskan pada osteosit disebelahnya melalui aliran fluida (*fluid flow*) di dalam kanalikuli sehingga sampai ketempat yang jauh dan mempengaruhi silia dan permukaan membran osteosit yang terletak jauh dari situs pembeban mekanik (Vogel dan Sheetz, 2006).

Pada membran osteosit, energi mekanik yang lewat dan mengandung protein pembawa signal (*ligand*) yang dikonversi menjadi aktivitas biologi oleh integrin dan kaderin, masuk menembus membran sel melalui *second messengers* dan akhirnya sampai di inti osteosit. Sebagian energi, dilanjutkan oleh integrin melalui kerangka sel (*cyto skeleton*) tetap sebagai energi mekanik menuju inti sel

osteosit. Substansi protein dikeluarkan dari osteosit dan disampaikan pada osteosit disebelah melalui gap junction yang bekerja sebagai *hemi-channel* untuk potensiasi substrat dan ATP dan sekresi ion  $\text{Ca}^{2+}$  dari hampir seluruh osteosit yang ada (efek parakrin). Untuk fungsi tertentu, seperti usaha masuk ion-ion dan sekret protein tertentu seperti ATP dan PGE2 dari osteosit menuju *resting osteoblast*, memerlukan sinyal hormon paratiroid (efek endokrin). Setiap perubahan lingkungan sel-sel tulang (osteosit, osteoblast dan osteoklas) menyebabkan proses ekspresi gen dan memberikan efek yang merupakan respon terhadap perubahan lingkungan. Misal dalam perkembangan dan maturasi pre-osteoblas, mengeluarkan RANKL dan OPG untuk mengatur proses osteoklastogenesis. Kerja sama osteoklas dan osteoblas menjadi pokok bahasan dalam osteoklastogenesis (Temiyasathit, 2010).

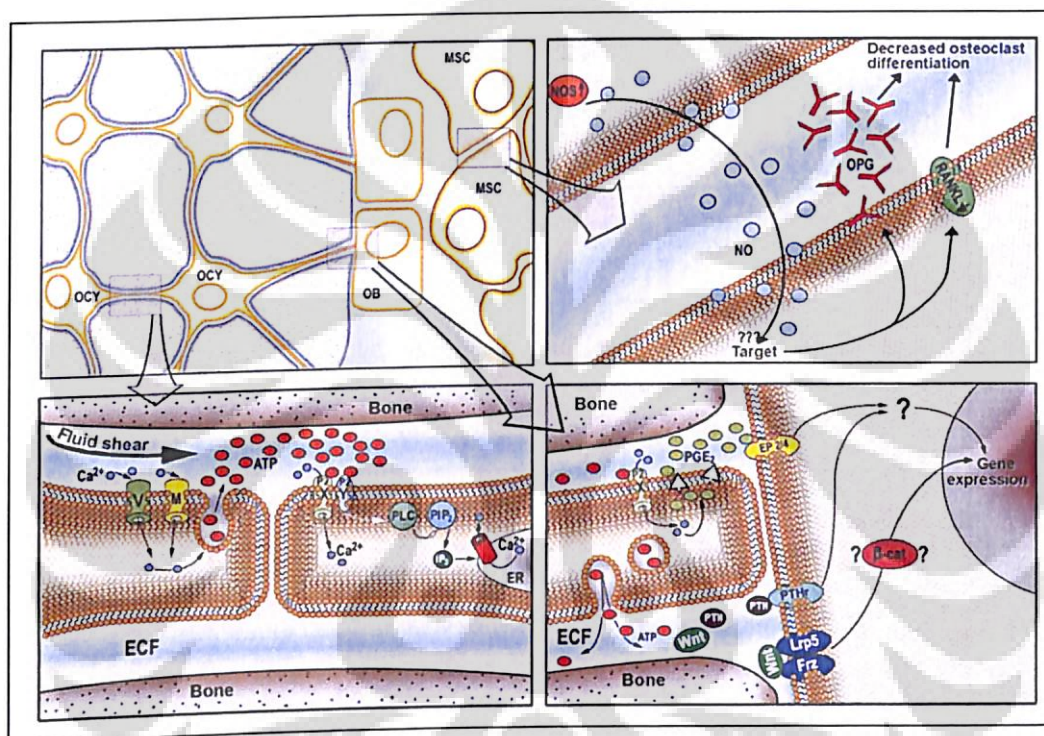
### Jalur-Jalur Mekanotransduksi.



Gambar 2.9 Jalur-jalur Mekanotransduksi (Hendroyono, 2010)

Osteosit mempunyai metabolisme yang tidak aktif dan peran yang terbatas dalam biologi tulang. Namun, jumlah yang banyak dan konektivitas yang baik menjadikannya sebagai antena virtual untuk mendeteksi ketegangan mekanik (*mechanical strains*) (Cherrian dan Gu, 2010). Osteosit tidak berespon langsung

terhadap regangan mekanik melalui deformasi yang terjadi pada jaringan tulang, tetapi secara tidak langsung melalui aliran fluida ekstra seluler akibat pembebanan (*loading*). Jaringan yang dibentuk oleh osteosit diperkirakan merupakan rangsang balik gangguan mekanik lokal, tetapi ternyata osteoblas dapat menanggapi rangsangan mekanis tanpa keberadaan osteosit. Osteoblas juga mensekresi messenger (misalnya, prostaglandin dan *Nitric Oxide*), dan mengekspresikan beberapa faktor pertumbuhan.



Gambar 2.10 Proses mekanotransduksi pada *Gap-junction*, Osteosit ke Osteoblas dan Osteosit ke Osteoklas. (Ocy = osteosit; OB = osteoblas; MSC = sel stromaSumsumtulang, ECF= cairan ekstraseluler)  
(Rahnert, Fan, Case, Murphy, Grassi, Sen, Rubin, et al. 2008)

## 2.7 OSTEOKLASTOGENESIS

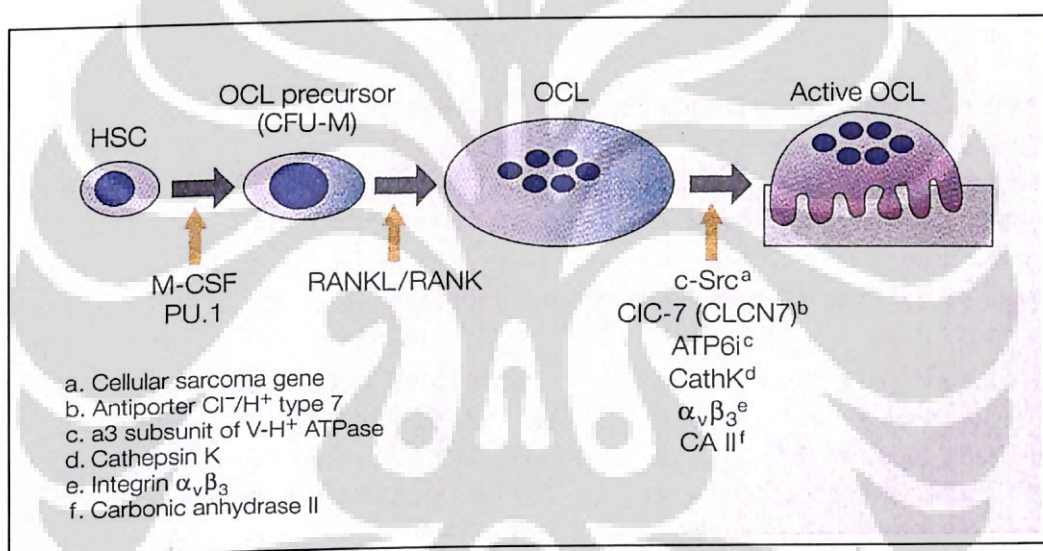
Resorpsi tulang oleh osteoklas yang ditemukan oleh Kolliker pada tahun 1873, mengawali proses remodeling. Remodeling jaringan tulang adalah suatu proses penting, yang menjamin penciptaan ruang sumsum tulang yang memberikan sel-sel hemopoietik dasar (*hemopoietic stem cell*) kemampuan diferensiasi yang memberikan bentuk tulang selama pertumbuhan dewasa. Proses



ini penting untuk menjaga kualitas dan kekuatan jaringan tulang, menjadi bagian sistem yang akan menjaga hemostasis dan metabolisme kalsium.

### 2.7.1 Regulasi Osteoblas terhadap Osteoklastogenesis.

Fungsi dasar osteoblas merupakan sintesis protein matriks tulang dan memicu proses mineralisasi, peran penting osteoblas pada osteoklas diperlihatkan secara jelas dengan pelepasan “molekul-molekul kunci” yang meregulasi osteoklastogenesis dan resorpsi tulang. Osteoklas merupakan sel multinukleus yang berasal dari monosit atau garis keluarga sel makrofag (Nakamura, Shatil, Tai, Rodan., 2009).



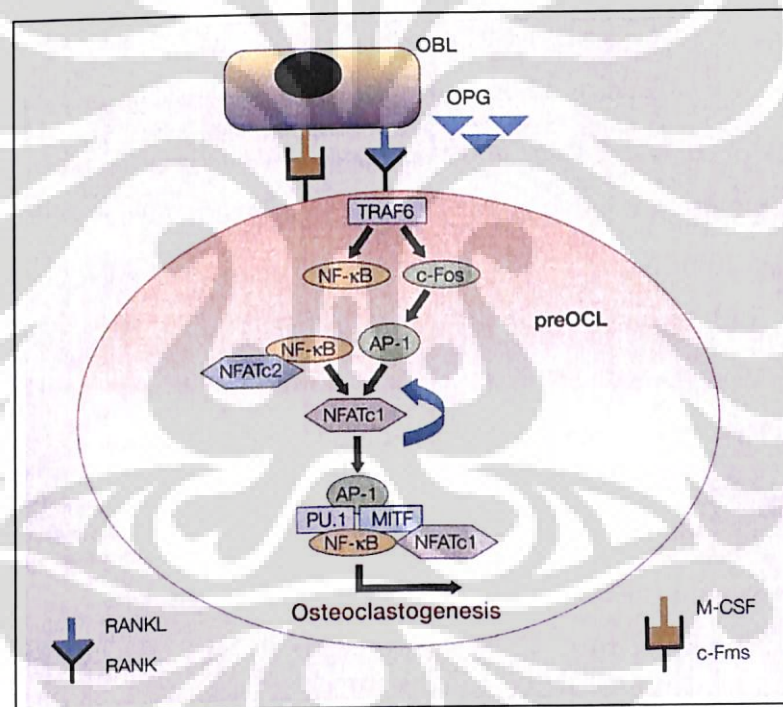
Gambar 2.11. Tahapan pembentukan Osteoklas. (Maruotti, 2011)

### 2.7.2 SINYAL RANKL atau RANK.

RANKL merupakan protein membran tipe 2 dari *superfamily TNF* (*Tumor Necrotising Faktor*), sedangkan reseptor RANK merupakan protein membran tipe 1. Hormon osteotropik dan faktor seperti 1,25- dihydroxy vitamin D3 [1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>], hormon paratiroid (PTH), prostaglandin E<sub>2</sub>, dan IL-11 meningkatkan regulasi ekspresi dari RANKL pada osteoblas/sel stromal membran plasma (Murphy, Cerchio, Stoch, 2005; Boyle et al., 2008).

RANKL yang berinteraksi dengan reseptor RANK, berada pada permukaan preosteoklas dan selanjutnya mengaktivasi sinyal dengan merekrut molekul adaptor yang berasal dari keluarga TNF-receptor-associated factors

(TRAF). Ekor sitoplasmik RANK terdiri dari tiga situs perlekatan (binding sites). TRAF6 dan interaksi tersebut wajib diferensiasi osteoklas. Perlekatan dari TRAF6 dengan RANK menginduksi trimerisasi TRAF6, yang selanjutnya mengaktifasi Nuclear Faktor-Kappa B (NF-Kappa B) dan Mitogen-Activated Protein Kinases (MAPKs). NF-kB yang tergolong keluarga faktor transkripsi dimerik terletak di dalam sitoplasma di bawah kondisi non-stimulasi. Ketika memasuki inti pada stimulasi sel oleh berbagai faktor, termasuk RANKL, NF-kB berperan penting pada proses osteoklastogenik. Faktor transkripsi lain yang penting untuk diferensiasi osteoklas adalah kompleks protein aktivator (activator-protein complex, AP-1), yang terdiri dari c-Fos, c-Jun, dan protein ATF. c-Fos secara khusus diinduksi oleh RANK dan sangat penting untuk osteoklastogenesis.

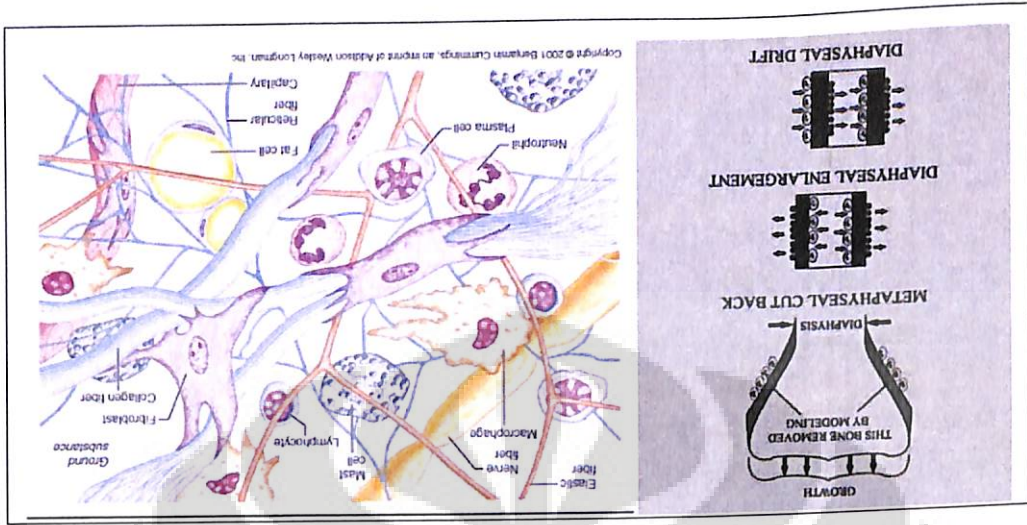


Gambar 2.12 Ekspresi Gen pada Osteoklas terhadap beban mekanik (Maruotti, 2011)

## 2.8 MODELING DAN REMODELING

Modeling tulang adalah suatu proses yang bekerja secara terpadu bersamaan dengan pertumbuhan dan fungsi tulang untuk mengubah distribusi spasial dari jaringan terakumulasi yang tampak sebagai pertumbuhan. Modeling tulang pada suatu permukaan melibatkan aktivasi osteoblas dan dilanjutkan dengan resorpsi tulang, atau melibatkan aktivasi osteoblas dan dilanjutkan dengan

Gambar 2.13 Proses modeling dan matrics tulang yang akan mengalami penulangan



Kemampuan tulang beradaptasi terhadap pembebanan mekanik dapat dilihat dari kualitas proses modeling dan remodeling. Modeling mengubah bentuk dan ukuran tulang, diameter medulla makin melebar karena kerja osteoklas, sisi luar korteks bertambah terus oleh sebaran jala kolagen osteoblas, dilanjutkan dengan mineralisasi matriks tersebut; sedang metafise semakin langsung pada proses modeling. Proses pembentukan tulang baru pada korteks terjadi tanpa didahului oleh resorpsi tulang oleh osteoklas.

### 2.8.1 Proses Modeling Jaringan tulang.

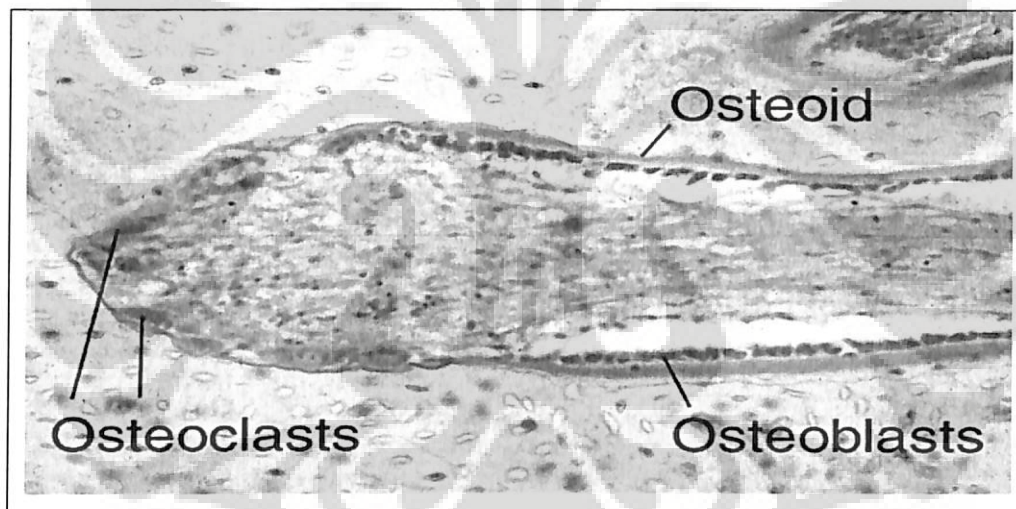
Dari penelitian terakhir terungkap bahwa osteosit merupakan regulator proses remodeling tulang dan metabolisme jaringan tulang. Osteosit dapat mendeteksi pembebanan mekanik pada permukaan tulang dan melanjutkan rangsang mekanik tersebut melalui sinyal biokimia yang berakhir pada sel efektor osteoklas dan osteoblas.dengan responresorpsi tulang yang dilanjutkan dengan formasi tulang.

dalam waktu yang relatif singkat. Pada kasus yang lingkungan pembebanan mekanis telah diubah secara bermakna Perbaharuan pada tulang kerangka orang dewasa dapat terjadi pada fraktur atau tingkat yang kurang berarti daripada yang terjadi selama pertumbuhan. Segera setelah maturitas skeletal dicapai,modeling berkurang hingga ke pembentukan tulang. Namun, keduanya tidak dapat terjadi di satu lokasi yang

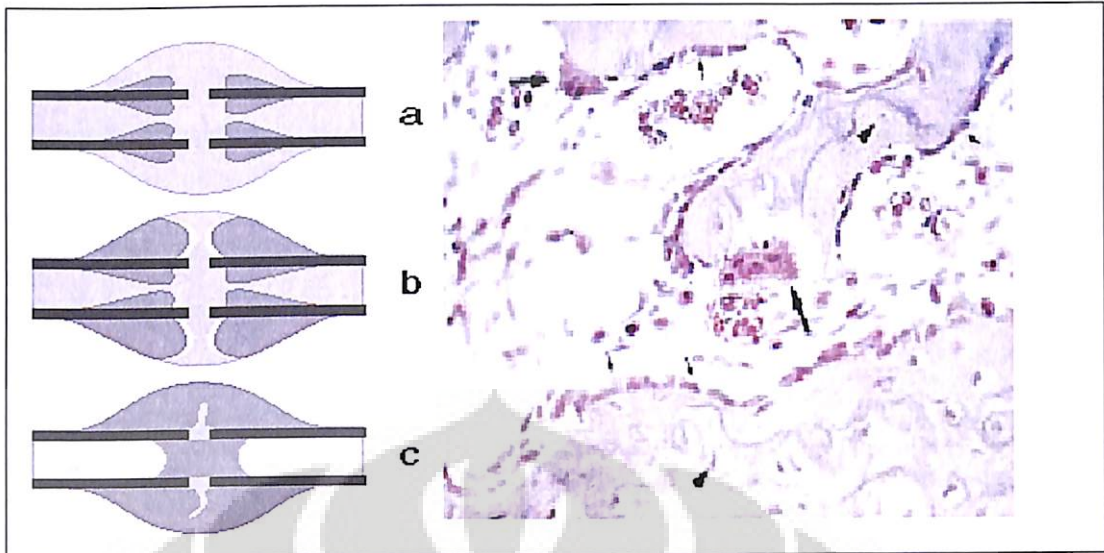
(Frattini, 2000; Tanaka, Nakamura, 2003; Maruotti, 2011)

### 2.8.2 Proses Remodeling Jaringan tulang.

Proses remodeling bermaksud mengganti tulang lama dengan jaringan tulang yang baru, tetapi tidak menyebabkan perubahan bentuk dan ukuran tulang. Remodeling selalu diawali oleh aktivitas resorpsi tulang oleh osteoklas dan diikuti oleh pembentukan tulang baru oleh aktivitas osteoblas ditempat yang sama. Pada tulang yang mengalami fraktur, proses remodeling membantu mengembalikan bentuk tulang seperti semula. Proses modeling akan membantu pekerjaan remodeling melalui proses normalisasi oleh gerak pertumbuhan epifise. Pada remodeling, diameter tulang tidak bertambah lebar.



Gambar 2.14 Osteon, Tampak osteoklas sedang resorpsi jaringan tulang (kiri) membuat terowongan kedalam tulang dan osteoblas membentuk tulang baru (osteoid) dan memenuhi terowongan dengan lapisan tulang baru. (pembesaran 100×) (Wang, 2010)



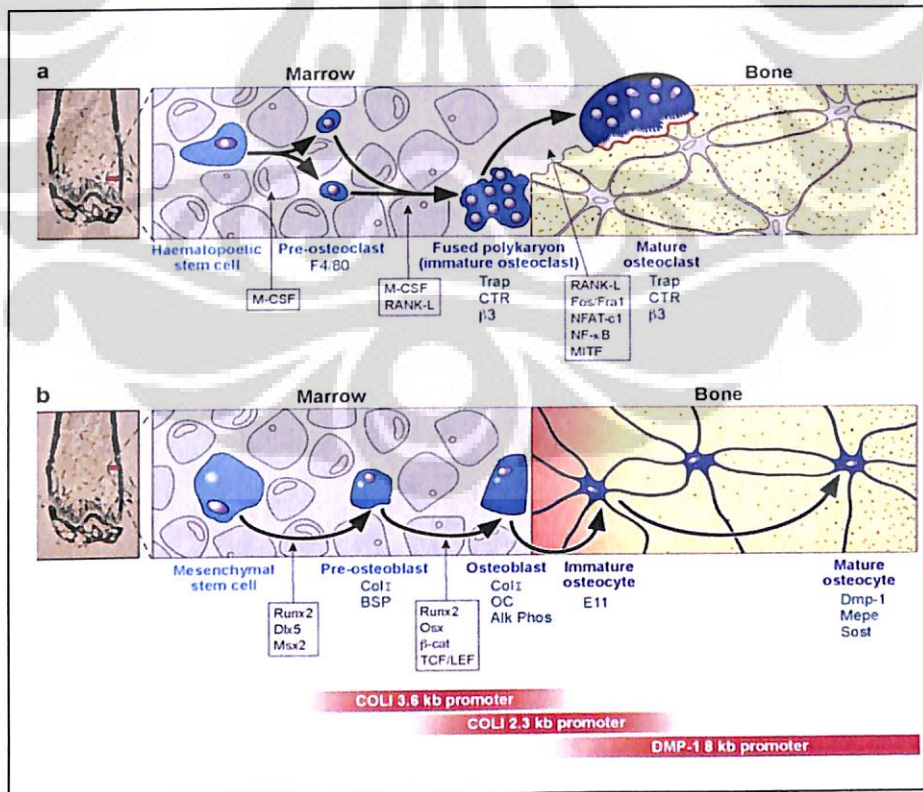
Gambar 2.15 Skema proses pembentukan kalus pada osifikasi dan pada penyembuhan fraktur.

(a) awal dari osifikasi intra membran.

(b) penebalan dan pertumbuhan kalus oleh osifikasi endokondral.

(c) penggabungan kedua fragmen fraktur.

Proses remodeling pada tingkat seluler



Gambar 2.16 Terbentuknya Osteoklas dan Osteoblas.

(Wang, Tytell, Inger, 2009)

### 2.8.3 Piezoelektrik pada Modeling Remodeling

Peranan jaringan piezoelektrik sangat diperlukan dalam proses modeling dan remodeling tulang, termasuk proses pertumbuhan tulang, perbaikan terhadap fraktur, dan regenerasi tulang pada osteogenesis distraksi (Becker dkk, 1964). Penyembuhan dan pertumbuhan tulang dikendalikan oleh laju deposisi kristal hidroksiapatit dalam matriks tulang. Proses ini telah menyatu dalam kerja osteoblas ketika melakukan mineralisasi serabut kolagen yang dibentuk sebelumnya. Kristal yang terbentuk akan melekat pada kolagen karena tertarik oleh dipol listrik yang dihasilkan baik oleh piezoelektrik, atau karena deformasi tulang yang di dalamnya mengandung kolagen di dalamnya yang sebelumnya terjadi akibat kerja osteoklas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efek piezoelektrik disebabkan oleh deformasi kolagen yang bertindak sebagai inisiator proses mineralisasi. Fenomena piezoelektrik kolagen tulang mempromosikan mineralisasi di sisi kompresi lebih dari pada sisi tegangan apabila dibandingkan dengan permukaan pelat badan kaku. Efek ini dapat menterjemahkan stimulus mekanik lingkungan kedalam aktivitas biologi dari sel-sel tulang.

### 2.8.4 Mekanisme Piezo Elektrik.

Hal yang penting dalam menentukan efek piezoelektrik adalah perubahan polarisasi ketika diterapkan stres mekanik yang disebabkan oleh konfigurasi-ulang dipol sekitarnya atau dengan re-orientasi momen dipol molekul di bawah pengaruh tegangan eksternal. Piezoelektrisitas dapat termanifestasi dalam suatu variasi kekuatan polarisasi, arah atau keduanya; yang tergantung pada orientasi polarisasi dalam kristal, kristal simetri dan penerapan pembebanan mekanik. Perubahan polarisasi muncul sebagai variasi kepadatan muatan pada permukaan sisi kristal tertentu, sebagai variasi dari medan listrik sebagai perpanjangan permukaan kristal. Piezoelektrik tidak disebabkan oleh perubahan densitas muatan di permukaan, tetapi oleh kepadatan dipol dalam gumpalan.

### 2.8.5 Piezoelektrik dan Remodeling tulang

Remodeling tulang dimulai ketika beban yang diterapkan pada sistem osseous bersifat dinamis. Osteoblas diaktifkan oleh sinyal yang berasal dari

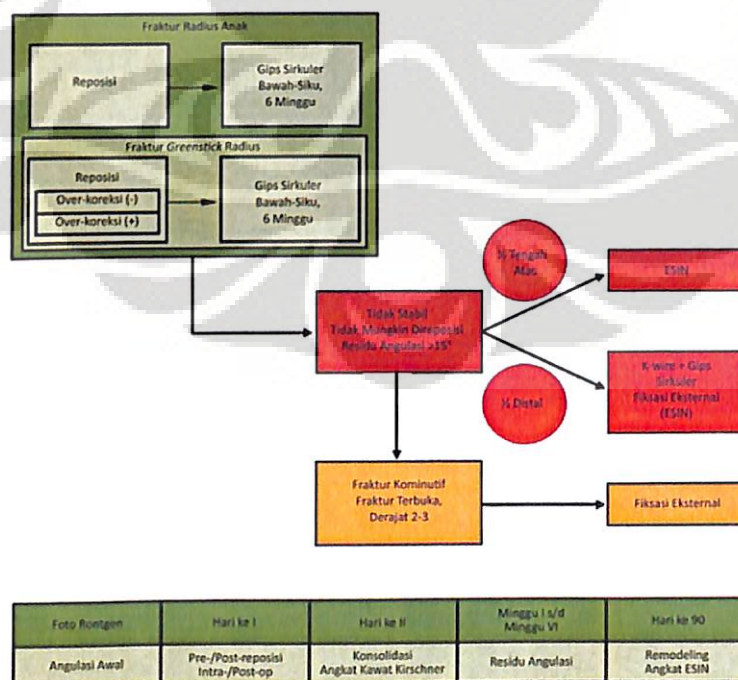
osteosit. Sinyal ini berubah terhadap waktu. Fenomena piezoelektrik pada tulang yang mengalami tekanan dapat membantu menerangkan pembentukan kalus non fraktur sebagai respons terhadap tekanan tersebut. Sebaliknya, aplikasi arus listrik pada tulang dapat merangsang pembentukan kalus yang sebagian besar terbentuk pada elektroda negatif. Daerah-daerah pertumbuhan serta perbaikan tulang juga bersifat elektronegatif.

## 2.9 PILIHAN TERAPI FRAKTUR *GREENSTICK* RADIUS

Pilihan terapi konservatif berupa reposisi fraktur dalam pembiusan yang dilaksanakan dengan atau tanpa over-koreksi. Kemudian, dilakukan imobilisasi gips sirkuler bawah-siku dengan *cast-index*  $\leq 0,7$  sambil kontraksi isometrik untuk menggerakkan sendi jari-jari tangan.

Pilihan terapi konservatif dapat menghindarkan pembebanan biaya yang tinggi dan memerlukan peralatan operasi ortopedi yang cukup relatif mahal. Pilihan terapi konservatif yang ditawarkan pada penelitian ini disesuaikan dengan sarana pelayanan ortopedi di Rumah Sakit Umum Daerah di Indonesia (*low setting research*).

## 2.10 KERANGKA TEORI

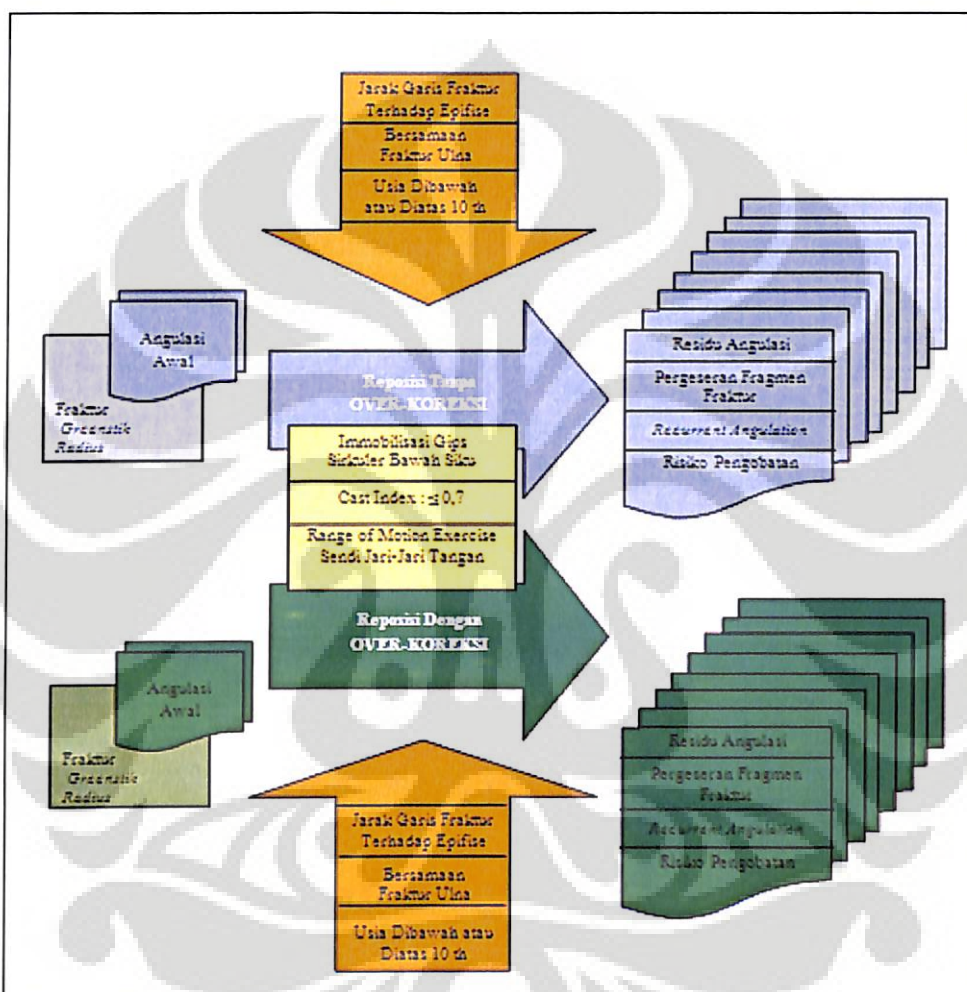


Gambar 2.17 Bagan Kerangka Teori penatalaksanaan Fraktur Radius Anak. (Hendroyono, 2011)

### BAB 3

## KERANGKA KONSEP, PENELITIAN TERKAIT, HIPOTESIS DAN DEFINISI OPERASIONAL

### 3.1 KERANGKA KONSEP



*Gambar 3.1. Bagan kerangka konsep penelitian*

Keterangan:

- : Lanjutan terapi setelah reposisi
- : Kelompok terapi reposisi tanpa over-koreksi
- :Kelompok terapi reposisi dengan over-koreksi
- : Potensial konfounding



Over-koreksi pada fraktur *greenstick* radius merupakan usaha mengubah fraktur satu korteks menjadi fraktur dua korteks yang dapat dilaksanakan dengan aman. Hal tersebut dimungkinkan karena periosteum pada tulang anak yang tebal menjadi pembungkus, sehingga ketika dilakukan over-koreksi kedua fragmen fraktur tidak saling bergeser. Setelah dilakukan over-koreksi, fraktur menjadi lengkap dan tulang menjadi dua fragmen patahan. Setelah itu reposisi fraktur dapat dilakukan secara lebih mudah dengan hasil residu angulasi minimal bahkan sering tanpa angulasi lagi (Tachjian, 1990; Kaewpornawan, 2005).

Over-koreksi juga memperbaiki ketidakseimbangan beban mekanik terhadap permukaan tulang radius secara keseluruhan, sehingga proses modeling dan remodeling dapat terjadi secara seimbang (Wang, Tytell, Ingber, 2009).

Faktor lain yang juga berpengaruh terhadap keberhasilan penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius meliputi jarak garis fraktur terhadap epifise, fraktur ulna yang menyertai, usia penderita, jarak garis fraktur terhadap lempeng pertumbuhan (epifise) sangat mempengaruhi tingkat kesembuhan fraktur *greenstick* radius. Semakin dekat jarak terhadap garis epifise, maka semakin besar kemampuan normalisasi (koreksi angulasi dan rotasi) dari fragmen distal radius. Proses modeling dan remodeling juga makin mudah terjadi pada jarak garis fraktur yang makin dekat terhadap epifise (Kehr, Karger, Herring, Tachjian, 2007).

Selanjutnya, peranan osifikasi endokondral sangat menentukan kecepatan dan kualitas pembentukan tulang. Peranan koreksi terhadap rotasi bagian distal fraktur ditentukan oleh keutuhan dan jarak lempeng pertumbuhan terhadap garis fraktur. Selain itu, proses modeling yang sedang berlangsung juga berperan terhadap normalisasi penyambungan tulang ditempat fraktur dan ditempat pasca over-koreksi (*osteogenesis distraksi*). Regulasi modeling dan remodeling tetap dipengaruhi oleh keutuhan lempeng pertumbuhan, proses biokimia pada tulang, pengaruh hormonal dan beberapa faktor pertumbuhan yang lain (Guoliang, Kurata, Chen, Vaananen, 2007; Phillips, 2005).

Telah dibuktikan bahwa fraktur ulna yang terjadi bersama fraktur *greenstick* radius mengganggu keutuhan periosteum, sehingga mempengaruhi

osifikasi intramembran di tempat fraktur, yang pada akhirnya mengganggu proses remodelling yang berlangsung ditempat tersebut (Steen & Gerstenfeld, 2011).

Sisa usia yang semakin berkurang terhadap penutupan lempeng pertumbuhan (14 tahun), mengurangi kemampuan modeling, remodeling, normalisasi dalam penyembuhan fraktur pada daerah kompresi. Selain itu, proses osteogenesis distraksi di tempat pasca over-koreksi fraktur *greenstick* radius semakin terbatas. Perbedaan tersebut terlihat secara jelas pada batasan usia 10 tahun. Terakhir, pada fraktur *greenstick* radius yang disertai fraktur batang ulna diasumsikan bahwa terjadi robekan membrane interoseus. Dengan demikian, angulasi awal yang terjadi relatif besar dan derajat koreksi angulasi tergantung pada ketuhan periosteum radius (Kubota et al., 2007; Alemdaroglu, Iltar, Cimen, Uysal, Alagoz, Atlihan, 2008).

Imobilisasi gips bawah siku akan memberi keuntungan dalam memfasilitasi gerakan sendi siku dan jari-jari tangan yang akan memberi dampak piezoelektrik yang memacu homogenitas pembebanan mekanik pada korteks radius secara menyeluruh dan berkesinambungan sendi. *Cast-index*  $\leq 0,7$  akan menjaga hasil reposisi dari kedua macam terapi dengan cara mencegah terjadi gerakan antar fragmen fraktur saat terjadinya modeling dan remodeling pada proses penyembuhan fraktur dan saat distraksi osteogenesis.

Evaluasi klinis dan radiologis dilakukan pada saat sebelum reposisi, setelah reposisi, minggu pertama, kedua, ketiga, keempat, keenam setelah reposisi, setelah itu gips sirkuler bawah-siku dibuka. Setiap kontrol ulang dilakukan pemeriksaan dan pencatatan tentang beberapa kondisi, antara lain meliputi: (1) Membandingkan derajat residu angulasi fraktur *greenstick* radius setelah reposisi dengan kedua teknik, terhadap angulasi awal. (2) Membandingkan tingkat pergeseran fragmen fraktur setelah reposisi dengan over-koreksi. (3) Membandingkan derajat angulasi-ulang (*recurrent angulation*) setelah reposisi pada kedua teknik, terhadap angulasi awal. (4) Kontrol ulang masih berlanjut pada minggu ke-sepuluh dan minggu ke-duabelas untuk mengevaluasi kemungkinan terjadinya refraktur.

### 3.1 PENELITIAN TERKAIT

- 3.2.1 Hendroyono, (1990), melakukan penelitian (*Clinical Trial*) di Bagian Ortopedi FKUI; tentang perlunya over-koreksi saat reposisi pada penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius, dan mendapatkan keberhasilan 70% kesembuhan yang lebih baik.
- 3.2.2 Wilkins (2005); Boutis, Willan, Baby, Goeree & Howard, (2010); dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa fraktur *greenstick* radius dengan derajat angulasi awal  $\leq 15$  derajat dalam arah gerak lengan pada anak usia dibawah 14 tahun, dapat dikoreksi spontan oleh gerak fleksi dan ekstensi dari lengan anak tersebut.
- 3.2.3 Schmittenbecher (2005), menganjurkan over-koreksi pada penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius, karena telah terbukti bahwa pasca over-koreksi akan didapatkan angulasi sisa yang minimal
- 3.2.4 Al-Ansari (2007), hanya mendapatkan 40% keberhasilan pada reduksi fraktur *greenstick* radius tanpa over-koreksi.
- 3.2.5 Al-Aql (2008), penyeimbangan pembebanan mekanik pada korteks radius secara keseluruhan dengan melakukan over-koreksi saat reposisi fraktur *greenstick* radius. Proses osteogenesis distraksi terjadi pada sisi pasca over-koreksi dari korteks radius, dan proses penyembuhan fraktur terjadi pada sisi kompresi dari korteks radius.
- 3.2.6 Bohm, Bubbar & Hing (2006), tidak menemukan hasil yang berbeda baik imobilisasi atas-siku dibandingkan dengan imobilisasi bawah-siku (*cast-index*  $\leq 0,7$ ) pasca reposisi fraktur *greenstick* radius.
- 3.2.7 Pada penelitian awal Hendroyono, (1990) dan pada serial 120 kasus di Bekasi (2009), mendapatkan hasil 70% pasien fraktur *greenstick* radius dengan residu angulasi  $<15^\circ$  pasca reposisi dengan over-koreksi dan imobilisasi gips sirkuler dengan *cast-index*  $\leq 0,7$

### 3.3 HIPOTESIS

#### 3.3.1 Hipotesis Mayor

Penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi saat reposisi dalam pembiusan, berpengaruh pengendalian derajat residu-angulasi.

#### 3.3.2 Hipotesis Minor

1. Penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi saat reposisi dalam pembiusan, memproteksi angulasi-ulang (*recurrent angulation*).
2. Penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi saat reposisi dalam pembiusan berpengaruh mengontrol pergeseran fragmen fraktur.
3. Penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi saat reposisi dalam pembiusan, berpengaruh mengontrol risiko pengobatan.

### 3.4 DEFINISI OPERASIONAL

- 3.4.1 Derajat residu angulasi adalah besar sudut angulasi kedua fragmen fraktur setelah dilakukan reposisi. Skala ringan untuk  $\leq 5^\circ$ , skala dan berat untuk  $> 15^\circ$ .

Cara ukur : Pemeriksaan/observasi pasien oleh petugas radiologis

Hasil ukur : 0 = derajat residu angulasi  $< 5^\circ$   
1 = derajat residu angulasi  $\geq 5^\circ$

Alat ukur : penggaris busur derajat, pensil 2B

Skala : ordinal

- 3.4.2 Derajat angulasi ulang (*recurrent angulation*) adalah memburuknya kembali sudut antara dua fragmen fraktur setelah reposisi. Ringan untuk  $< 5^\circ$ , dan berat untuk  $> 15^\circ$

Cara ukur : Pemeriksaan/observasi pasien

Hasil ukur : 0 = *recurrent angulation*  $< 5^\circ$  (= *cencor*)  
1 = *recurrent angulation*  $\geq 5^\circ$  (= *event*)

Alat ukur : penggaris busur derajat, pensil 2B

Skala : ordinal

*Event* adalah terjadinya angulasi ulang yang terjadi setelah reposisi.

*Survival time* adalah waktu setelah reposisi hingga terjadinya angulasi ulang.

3.4.3 Tingkat pergeseran fragmen fraktur adalah persentase Bergeraknya ujung fragmen fraktur terhadap lebar tulang

Diklasifikasi sebagai ringan adalah  $<25\%$ , berat adalah  $\geq 25\%$ .

Cara ukur : Pemeriksaan/observasi pasien

Hasil ukur : 0 = pergeseran fragmen fraktur  $<25\%$   
1 = pergeseran fragmen fraktur  $\geq 25\%$

Alat ukur : penggaris busur derajat, pensil 2B

Skala : ordinal

3.4.4 Risiko pengobatan adalah, akibat yang timbul sebagai konsekuensi pengobatan yang meliputi:

1. ROM adalah *Range of motion*, jangkauan gerak sendi

Cara ukur : Pemeriksaan/observasi pasien

Hasil ukur : 0 = Penuh  
1 = Terbatas

Alat ukur : Goniometri

Skala : ordinal

2. .Bengkak pada jari adalah penambahan ukuran dimensi jari

Cara ukur : Pemeriksaan/observasi pasien

Hasil ukur : 0 = Tidak  
1 = Ya

Alat ukur : lengan dan tangan kontra lateral

Skala : ordinal

4. NVD adalah *Neuro-Vascular Distal*; Keutuhan hantaran saraf, pembuluh darah pada area di bawah garis fraktur

Cara ukur : Pemeriksaan/observasi pasien

Hasil ukur : 0 = Tidak  
1 = Ya

Alat ukur : perbedaan sensoris dua titik, test Kwinkel

Skala : ordinal

5. Sindrom Kompartemen adalah peningkatan tekanan di dalam kompartemen lengan bawah karena pembengkakan jaringan lunak dalam ruang tertutup yang mengakibatkan penekanan pada syaraf dan pembuluh darah.

Cara ukur : Pemeriksaan/observasi pasien

Hasil ukur : 0 = Tidak

1 = Ya

Alat ukur : Nyeri, semutan, kebiruan,

Skala : ordinal

6. *Callus Formation* adalah tingkat penyambungan fraktur dilihat dari pembentukan kalus yang tampak pada gambaran radiologis fraktur.

Cara ukur : Pemeriksaan/observasi pasien

Hasil ukur : 0 = Ya

1 = Tidak

Alat ukur : penggaris busur derajat, pensil 2B

Skala : ordinal

7. Gips Longgar adalah: bertambahnya jarak kulit lengan bawah terhadap bagian dalam dari gips sirkuler.

Cara ukur : Pemeriksaan/observasi pasien

Hasil ukur : 0 = Tidak

1 = Ya

Alat ukur : celah antara gips dan kulit

Skala : ordinal

- 3.4.5 Reposisi fraktur *greenstick* radius adalah tindakan koreksi derajat angulasi awal (dalam pembiusan), dengan menekan pada arah yang berlawanan di sudut angulasifraktur.

Cara ukur : Pemeriksaan/observasi pasien

Hasil ukur : 0 = Over Koreksi

1 = Tidak over koreksi

Alat ukur : pergerakan bebas 2 fragmen fraktur

Skala : ordinal

### 3.4.6 Variabel alokasi random:

#### 1. Umur adalah lama kehidupan sampai terdiagnosis fraktur *greenstick* radius

Cara ukur : wawancara pasien

Hasil ukur : skala kontinyu dalam tahun

Skala kategori:

0 = <5 tahun

1 = 5-10 tahun

2 = >10 tahun

Alat ukur : kuesioner

Skala : rasio dan ordinal

#### 2. Jenis kelamin adalah identitas seksual yang dimiliki responden

Cara ukur : wawancara pasien

Hasil ukur : 0 = Pria

1 = wanita

Alat ukur : kuesioner

Skala : nominal

#### 3. Mekanisme trauma adalah menentukan tipe fraktur *greenstick* radius

Cara ukur : Pemeriksaan fisik dan radiologis

Hasil ukur : 0 = Pronasi

1 = Supinasi

Alat ukur : Pembacaan foto oleh ahli radiologi

Skala : nominal

4. Tipe angulasi adalah arah sudut yang dibentuk oleh kedua aksis (sumbu) fragmen fraktur

Cara ukur : Pemeriksaan radiologis

Hasil ukur : 0 = Dorsal  
1 = Volar

Alat ukur : Pembacaan foto oleh ahli radiologi

Skala : nominal

5. Jarak fraktur dari epifisis distal adalah jarak antara garis fraktur terhadap garis pertumbuhan distal radius

Cara ukur : Pemeriksaan pasien

Hasil ukur : skala kontinyu dalam sentimeter

Skala kategori:

0 = 2 cm

1 = 4 cm

2 = 6 cm

3 = 8 cm

4 = 10 cm

5 = >10 cm

Alat ukur : penggaris dan pensil 2B

Skala : rasio dan ordinal

6. Fraktur Ulna adalah fraktur ulna yang terjadi bersamaan dengan fraktur *greenstick* radius

Cara ukur : Pemeriksaan radiologis

Hasil ukur : 0 = Tidak  
1 = Ya

Alat ukur : Pembacaan foto oleh ahli radiologi

Skala : nominal



7. Klinik adalah tempat pasien pertama kali datang ke RSUD Kota Bekasi

Cara ukur : Wawancara dan rekam medis

Hasil ukur : 0 = IGD

1 = Poli Ortopedi

Alat ukur : kuesioner dan rekam medis

Skala : nominal



## **BAB 4**

### **DESAIN DAN METODE PENELITIAN**

#### **4.1 DESAIN PENELITIAN**

Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah *Randomized, with concealment, parallel group design, clinical trial*.

#### **4.2 METODE PENELITIAN**

##### **4.2.1 Tempat Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di Instalasi Gawat Darurat dan Poliklinik Ortopedi RSUD Kota Bekasi yang beroperasi di kota Bekasi dengan kapasitas rawat 426 tempat tidur. BOR 67.1 - LOS 3.7 - TOI 1.83 - BTO 65.64 - 350 operasi per bulan (Profil RSUD Kota Bekasi - 2011)

##### **4.2.2 Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan pada periode 1 Agustus 2011 sampai dengan 31 Mei 2012.

#### **4.3 POPULASI PENELITIAN**

##### **4.3.1 Populasi target**

Populasi target dalam penelitian ini adalah pasien anak dengan diagnosa fraktur *greenstick* radius.

##### **4.3.2 Populasi terjangkau**

Populasi terjangkau dalam penelitian ini adalah pasien anak dengan fraktur *greenstick* radius yang datang ke IGD dan Poliklinik Ortopedi RSUD kota Bekasi dalam periode 1 Agustus 2011 hingga 31 Mei 2012.

#### 4.4 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

##### 4.4.1 Kriteria inklusi

1. Pasien anak yang berumur 4-14 tahun, laki-laki perempuan dengan diagnosa fraktur *greenstick* radius tertutup.
2. Tidak disertai dislokasi.
3. Datang ke Unit Gawat darurat atau Poli Bedah RSUD Kota Bekasi pada periode 24 jam setelah cedera lengan bawah.
4. Telah mendapat penjelasan tentang protokol penelitian (*informed consent*) dan orang tua subyek menyetujui untuk ikut serta dalam penelitian.

##### 4.4.2 Kriteria eksklusi

1. Telah dilakukan reposisi oleh dukun tulang.
2. Pasien dengan fraktur *greenstick* radius terbuka.
3. Pasien dengan fraktur epifise distal radius.

##### 4.4.3 Kriteria *drop-out*

1. Pasien dengan lengan bawah bengkok sehingga gips sirkuler harus dibuka.
2. Pasien yang tidak mengikuti jadwal pemeriksaan ulang sesuai dengan jadwal yang telah disepakati.
3. Timbul sindroma compartmental lengan bawah.

#### 4.5 Perhitungan Besar Sampel

Perhitungan besar didasarkan pada pertanyaan penelitian primer menggunakan rumus sebagai berikut:

$$n_1 = n_2 = \left( \frac{Z\alpha\sqrt{2PQ} + Z\beta\sqrt{P_1Q_1 + P_2Q_2}}{P_1 - P_2} \right)^2$$

$n_1$  = jumlah subjek kelompok over-koreksi

$n_2$  = jumlah subjek kelompok tanpa over-koreksi

Kesalahan tipe 1 ditetapkan 5%, sehingga  $Z\alpha = 1,96$

Kesalahan tipe 2 ditetapkan 20%, sehingga  $Z\beta = 0,84$

$p_2$  = persentase keberhasilan pada kelompok tanpa over-koreksi,  
sebesar = 0,4

Berdasar laporan dari Khalid, Howard, Seeto, Yoo, Zaki, Boutis(2007), hanya sebanyak 40% fraktur *greenstick* radius dengan angulasi pada sepertiga tengah yang dapat direposisi tanpa melakukan over-koreksi dengan residu angulasi  $<15^\circ$ , dan selanjutnya tidak memerlukan lagi koreksi pembedahan. Adapun menurut studi pendahuluan (Hendroyono,1990) serta serial 120 kasus di Bekasi yang dilakukan oleh Hendroyono(2009), Boyd, Benjamin dan Asplund (2009), serta Bakody (2009) ditentukan estimasi insiden residu angulasi  $<15^\circ$  pada reposisi fraktur *greenstick* radius dengan over-koreksi adalah minimal sebesar 70%.

$p_1 - p_2$  = perbedaan keberhasilan minimal antara kelompok over-koreksi dan tanpa over-koreksi yang dianggap bermakna, ditetapkan sebesar 0,3.

$p_1$  = persentase keberhasilan pada kelompok over-koreksi =  $0,4 + 0,3 = 0,7$

$q_1$  =  $1 - p_1 = 1 - 0,7 = 0,3$

$P$  =  $(p_1 + p_2) / 2 = (0,7 + 0,4) / 2 = 0,55$

$Q$  =  $1 - P = 1 - 0,55 = 0,45$

$$n_1 = n_2 = \left( \frac{Z\alpha\sqrt{2PQ} + Z\beta\sqrt{P_1Q_1 + P_2Q_2}}{P_1 - P_2} \right)^2 = \left( \frac{1,96\sqrt{2 \times 0,55 \times 0,45} + 0,84\sqrt{0,7 \times 0,3 + 0,4 \times 0,6}}{0,7 - 0,4} \right)^2 = 42$$

Dari hasil perhitungan diatas, maka jumlah minimum sampel penelitian adalah 42 orang untuk masing-masing kelompok perlakuan.

#### 4.6 Alokasi subyek Penelitian

- Alokasi subyek penelitian dilakukan secara randomisasi blok yang terstratifikasi berdasarkan jarak garis fraktur terhadap garis pertumbuhan.

- Yang melakukan alokasi random adalah pihak ketiga (MSD), lampiran B (Plint, Moher, Morrison, Schulz, Altman, Hillel et al., 2006).
- Tabel hasil randomisasi disembunyikan (*concealed*) terhadap peneliti. Peneliti baru mengetahui alokasi subyek penelitian sebelum melakukan tindakan (Schulz, Altman, Moher, 2010).
- Hasil randomisasi disimpan dalam amplop yang tertutup dan tidak tembus cahaya (Attia, 2005).

Tabel 4.1. Setelah pelaksanaan penelitian Alokasi Subyek Penelitian dengan Randomisasi Blok yang Terstratifikasi oleh Variabel Jarak Garis Fraktur terhadap Epifisis Distal Radius (Grobee & Hoes, 2009)

<p><i>Kelompok garis fraktur berjarak <math>\leq 2</math> cm dari epifisis distal Radius</i></p> <p>1. B 2. A 3. A 4. B 5. A 6. B 7. B 8. A 9. A 10. B 11. A 12. B 13. A 14. B 15. A 16. B 17. B 18. B 19. A 20. B 21. A 22. A 23. B</p>
<p><i>Kelompok garis fraktur berjarak <math>\leq 4</math> cm dari epifisis distal Radius</i></p> <p>1. B 2. A 3. A 4. 5. B 6. A 7. A 8. B 9. B 10. A 11. A 12. B 13. B 14. A 15. A 16. B 17. A</p>
<p><i>Kelompok garis fraktur berjarak <math>\leq 6</math> cm dari epifisis distal Radius</i></p> <p>1. A 2. B 3. A 4. B 5. B 6. A 7. B 8. A 9. B 10. A 11. A 12. B 13. A 14. B 15. B</p>
<p><i>Kelompok garis fraktur berjarak <math>\leq 8</math> cm dari epifisis distal Radius</i></p> <p>1. A 2. B 3. A 4. B 5. A 6. B 7. B 8. A 9. B 10. A 11. B 12. A 13. B 14. A 15. A 16. B 17. B 18. A</p>
<p><i>Kelompok garis fraktur berjarak <math>\leq 10</math> cm dari epifisis distal Radius</i></p> <p>1. A 2. B 3. A 4. A 5. B 6. B 7. A 8. A 9. B 10. B 11. A 12. A 13. B 14. A 15. B 16. B 17. A 18. B</p>
<p><i>Kelompok garis fraktur berjarak <math>&gt; 10</math> cm dari epifisis distal Radius</i></p> <p>1. B</p>

- A = Reposisi fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi, kemudian dilanjutkan dengan imobilisasi gips sirkuler bawah-siku dengan cast-index  $\leq 0,7$
- B = Reposisi fraktur *greenstick* radius tanpa melakukan over-koreksi, kemudian dilanjutkan dengan imobilisasi gips sirkuler bawah-siku dengan cast-index  $\leq 0,7$

#### 4.7 Alur penelitian

##### a. Persiapan

- 1) Organisasi penelitian meliputi peneliti utama, koordinator penelitian, petugas alokasi random, data entri dan verifikasi, radiolog, penata rontgen, ketua perawat, dan monitoring keamanan penelitian dengan tanggung jawab masing-masing (Lampiran Tim Penelitian)
- 2) dan Pelatihan pada petugas kesehatan yang meliputi dokter jaga IGD, dokter asisten poliklinik bedah, paramedik IGD dan Poli Bedah tentang Protokol Penelitian termasuk alur penelitian dan tugas setriap petugas. Pembuatan panduan standar pengukuran angulasi fraktur pada bagian Radiologi RSUD Kota Bekasi.
- 3) Penentuan seorang petugas di bagian Radiologi yang bertanggung jawab terhadap pengukuran angulasi fraktur. Reliabilitas radiolog dalam membaca angulasi dinilai dengan dua kali membaca foto-foto radiologis yang ada secara tersamar. Hasil pembacaan tersebut kemudian dibandingkan dengan uji Kappa.
- 4) Hasil alokasi random subyek penelitian disimpan dalam amplop tertutup yang tidak tembus cahaya. *Pembukaan amplop dilaporkan dengan "Berita Acara"*
- 5) Untuk memudahkan pencarian data subyek penelitian dibuat pencatatan sendiri disamping pencatatan Rekam Medik Rumah Sakit, Semua data pencatatan sendiri dapat diverifikasi dari data pada Rekam Medik Rumah Sakit.

##### b. Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 alur Penelitian, sebagai berikut:

- 1) Setiap pasien yang berkunjung di Instalasi Gawat Darurat dan Poliklinik Bedah RSUD Kota Bekasi dengan diagnosis fraktur lengan bawah, dilakukan

pemeriksaan fisik awal dan pemeriksaan radiologi oleh dokter jaga IGD dan dokter asisten di Poli bedah sesuai dengan standar prosedur operasional rumah sakit.

- 2) Peneliti melakukan penilaian kelayakan pasien untuk masuk kedalam penelitian berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi.
- 3) Pada kelompok subyek yang memenuhi kriteria diberikan *Informed Consent Penelitian* (5), sehingga memahami prosedur dan tujuan penelitian. Penderita yang tidak memenuhi kriteria, tidak disertakan dalam penelitian, tetapi tetap ditolong sesuai SPO yang berlaku.
- 4) Pemberian *informed consent* penelitian yang menandakan bahwa sejumlah pasien yang bersedia terpilih menjadi subyek penelitian.
- 5) Metoda pengobatan yang digunakan pada subyek penelitian fraktur *greenstick* radius meliputi: Kode A = Reposisi fraktur *greenstick* radius dengan over-koreksi saat reposisi kemudian dilanjutkan dengan imobilisasi gips sirkuler bawah-siku dengan  $cast-index \leq 0,7$
- 6) Kode B = Reposisi fraktur *greenstick* radius tanpa over-koreksi dilanjutkan dengan imobilisasi gips sirkuler bawah-siku dengan  $cast-index \leq 0,7$

Setelah reposisi fraktur, pada kedua metode terapi, dilakukan pemeriksaan fisik dan radiologis untuk membandingkan dengan hasil pemeriksaan fisik dan radiologis sebelum penatalaksanaan.

Kedua pemeriksaan tersebut diulang dan dibandingkan dengan data sebelumnya pada periode 24 jam pasca reposisi, 1 minggu, 2 minggu, 3 minggu, 4 minggu dan 6 minggu pasca terapi awal. Pada minggu kesepuluh, pasien datang untuk pemeriksaan dan evaluasi kemungkinan refraktur.

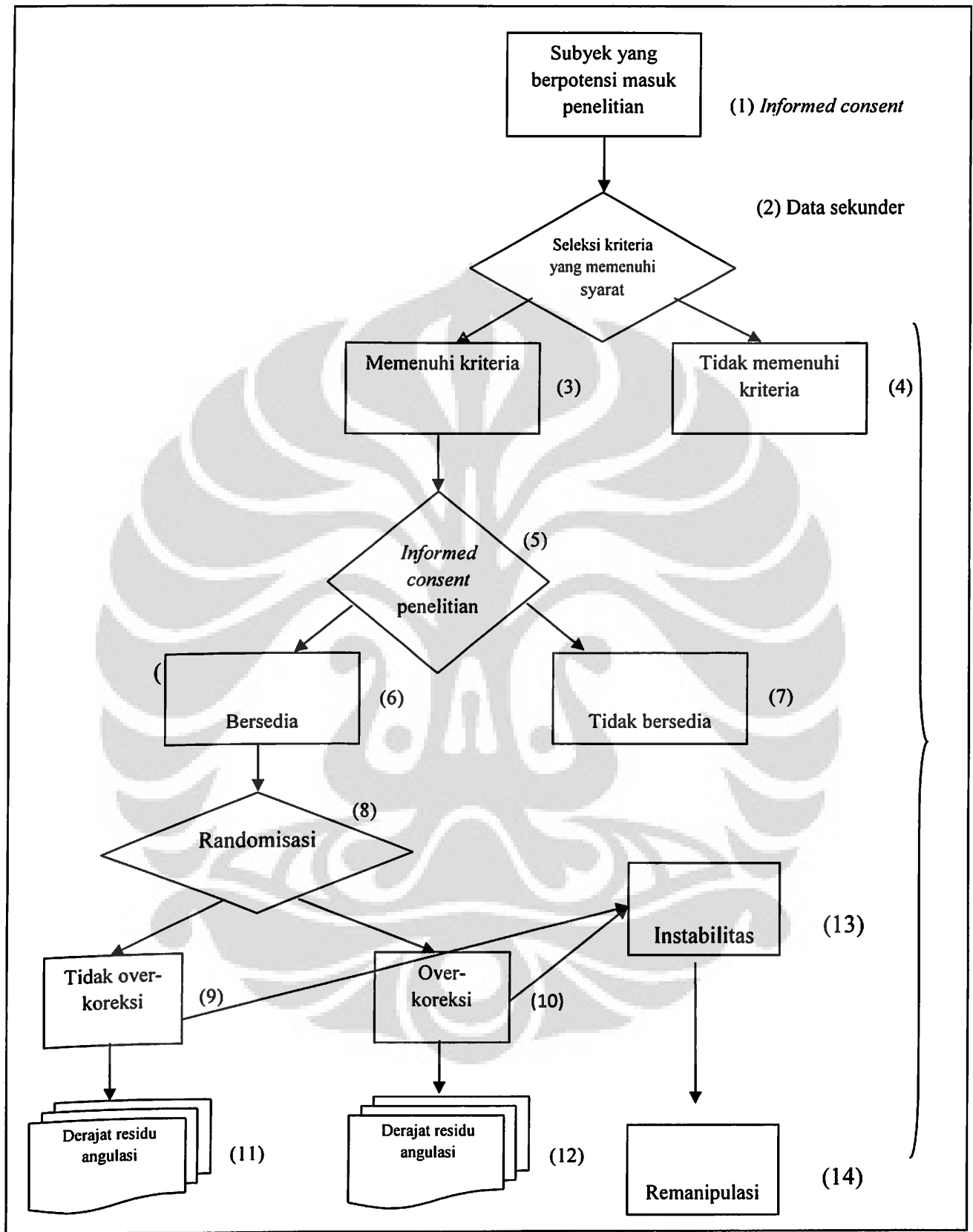
- 7) dan (12) Pada kedua kelompok dilakukan evaluasi radiologis mulai dari sejak sebelum koreksi, pasca koreksi pada hari yang sama, kemudian setiap minggu hingga minggu keempat, kemudian pada minggu keenam pasca koreksi setelah gips sirkuler dibuka. Evaluasi dilakukan dengan mengukur residu angulasi, tingkat union, tingkat komplikasi terutama sindroma kompartemen, serta mengukur derajat jangkauan sendi siku dan pergelangan tangan dengan pengukuran derajat pronasi dan supinasi lengan bawah setelah gips sirkuler dibuka.

Lembar formulir Pengumpulan Data, lembar formulir yang telah diisi ditanda tangani oleh petugas penelitian

- 13) Apabila pada pengamatan berkala kedua kelompok ditemukan instabilitas fraktur (angulasi  $>30^\circ$ , pergeseran fragmen fraktur), dilakukan remanipulasi dan fiksasi kawat kirschner dan gips sirkuler.
- 14) Perekaman data ke komputer dilakukan oleh dua orang segera setelah data tersedia, untuk menjamin perekaman secara benar. Validasi data dilakukan segera setelah kejanggalan diperoleh.



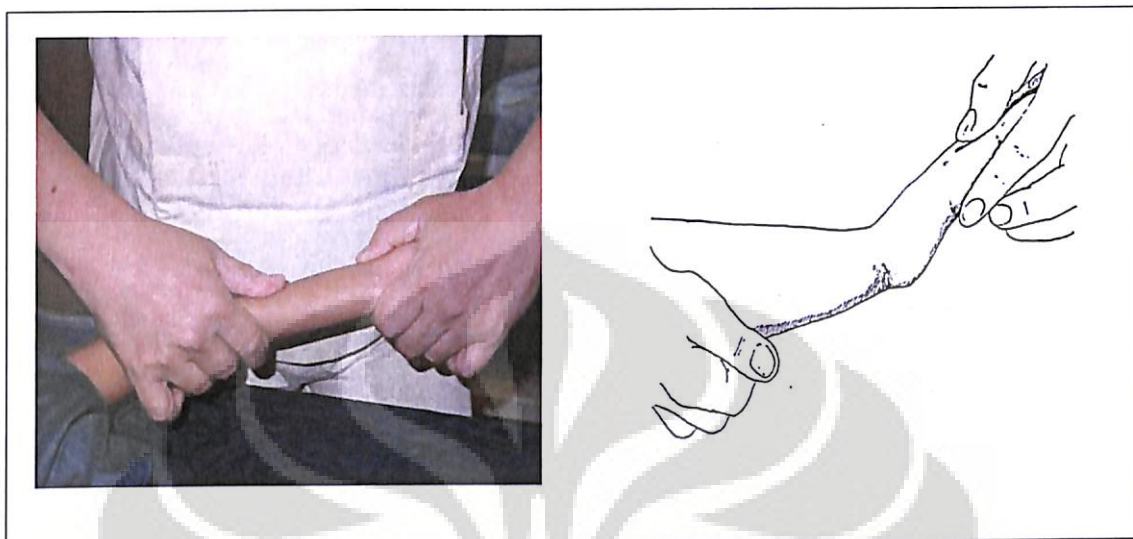




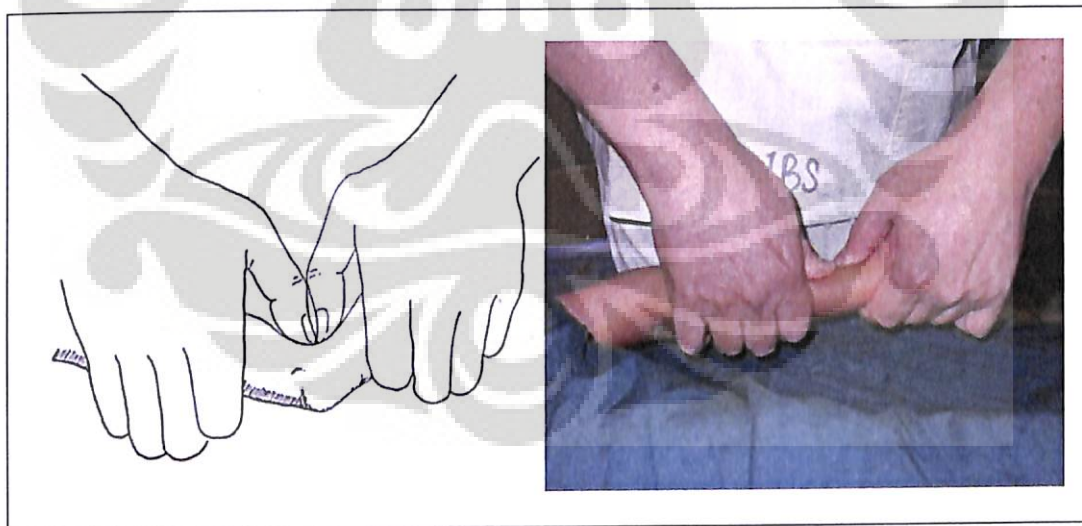
Gambar 4.1 Alur penelitian  
(Hendroyono,2010)

#### 4. 8. Teknik Reposisi dengan melakukan over-koreksi

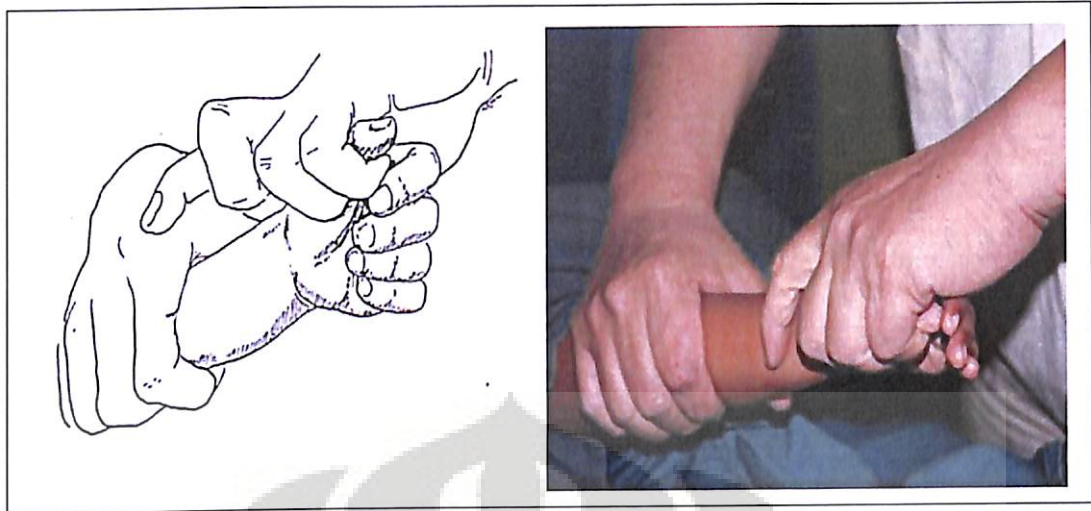
(lihat lampiran)



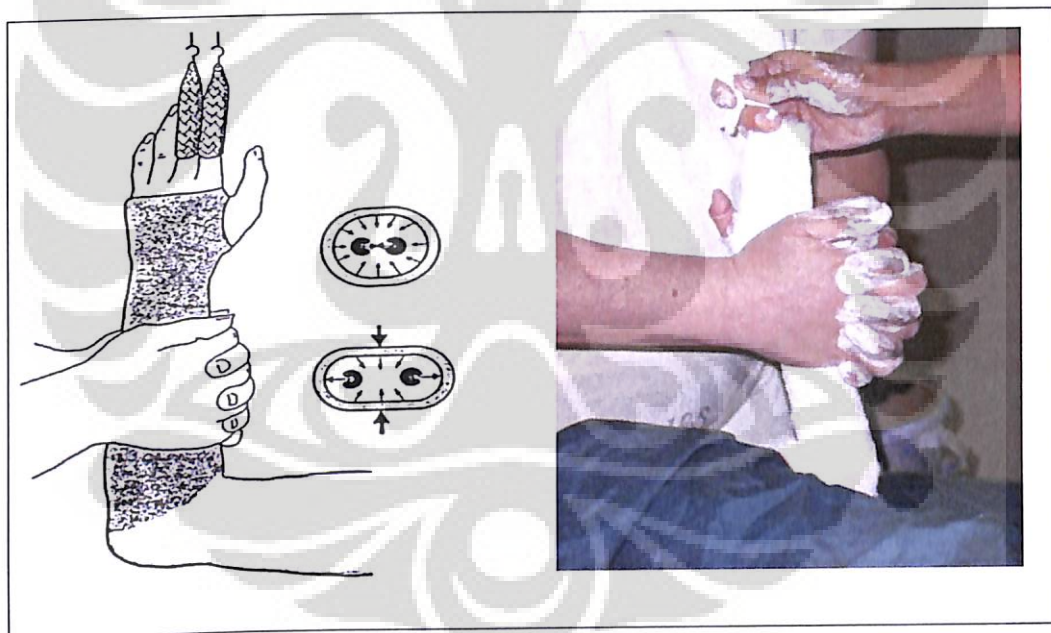
Gambar 3.2. Traksi-kontertraksi untuk mengatur kesegarisan dari fragmen fraktur (Rockwood & Wilkins, 2009; Hendroyono, 2011)



Gambar 3.3 Over-koreksi dalam reposisi fragmen fraktur dengan menggunakan kedua ibu jari. (Rockwood & Wilkins, 2009; Hendroyono, 2011)



Gambar 3.4. Dengan mempergunakan sisi ulna dari kedua tangan, dilakukan urutan kearahdistal dan proksimal dan mengunci hasil reposisi dalam 'fiksasi tiga titik'(Rockwood & Wilkins,2009; Hendroyono, 2011)



Gambar 3.5. Penekanan dengan kedua telapak tangan selama fase pengeringan dari gips sirkuler bawah-siku, untuk mencapai *cast-index* kurang dari 0,7 (Rockwood & Wilkins,2009; Hendroyono, 2011)

## 4.9. Pengolahan dan Analisa Data

### a. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan melalui beberapa tahap berikut :

#### 1). Pengeditan (*Editing*)

Pengeditan dilakukan untuk memastikan bahwa data diperoleh secara lengkap, jelas, sesuai, konsisten dan relevan. Hal tersebut dilakukan dengan meneliti tiap lembar kuesioner yang telah terisi lengkap. Kejanggalan yang perlu dilengkapi dilakukan perbaikan pengisian.

#### 2). Pengkodean (*Coding*)

Pengkodean adalah kegiatan bentuk data huruf menjadi bilangan. Data yang telah diperiksa kelengkapannya dilakukan pemberian kode untuk setiap jawaban, yang berguna untuk mempermudah pemasukan dan analisis data analisis dengan media komputer.

#### 3). Pemrosesan (*Processing*)

Selanjutnya, data diproses dengan memasukkan hasil nilai yang diperoleh ke dalam program *Stata 11*.

#### 4). Pembersihan (*Cleaning*)

Pembersihan adalah kegiatan pembersihan data yang telah dimasukkan dengan cara mengecek kembali, misalnya dengan melakukan *browsing* atau dengan membuat diagram tebar. Tujuan dari pembersihan data adalah untuk mengetahui *missing data*, mengetahui variasi data, dan mengetahui konsistensi data.

### b. Analisis Data

Ukuran epidemiologi yang digunakan

Perlu dijelaskan beberapa ukuran epidemiologi yang digunakan dalam analisis meliputi ukuran frakuensi, ukuran asosiasi dan ukuran dampak. Ukuran insiden

yang digunakan adalah insidens densiti yang meliputi ukuran insiden densiti pada tiap periode pengamatan dan ukuran insiden densiti kumulatif yang merupakan ukuran gabungan pada seluruh masa pengamatan. Ukuran asosiasi yang digunakan adalah rasio insiden densiti dan/atau perbedaan kumulatif insiden densiti. Ukuran rasio didapat dari perbandingan insiden densiti kumulatif pada kelompok over koreksi dan kelompok tanpa over koreksi. Interpretasinya nilai  $KIDR < 1$  mencegah;  $KIDR > 1$  menyebabkan dan  $KIDR = 1$  tidak berhubungan. Ukuran perbedaan insiden densiti didapat dari pengurangan insiden densiti kumulatif pada kelompok over koreksi dengan kelompok tanpa over koreksi. Interpretasinya nilai perbedaan insiden densitas kumulatif  $PIDK < 1$  mencegah;  $PIDK > 1$  menyebabkan dan  $PIDK = 1$  tidak berhubungan.

## 2). Membandingkan keluaran (*outcome*)

Keluaran efektifitas dianalisis secara perprotokol analisis. Hanya subyek yang mengikuti protokol penelitian secara utuh yang dimasukkan ke dalam analisis.

Selanjutnya, analisis yang dilakukan adalah membandingkan residu angulasi, pergeseran fragmen fraktur, *recurrent angulation*, dan risiko pengobatan (sesaat pasca reposisi, 24 jam pasca reposisi, 1, 2, 3, 4, 6, dan 10 minggu) antar kelompok perlakuan dengan menggunakan uji *Chi-square*.

Secara umum, analisis kesintasan adalah kumpulan prosedur statistik untuk analisis data di mana variable *outcome*-nya adalah waktu sampai terjadinya *event (time to event)*. Pada saat melakukan suatu analisis kesintasan biasanya merujuk pada variable waktu sebagai *survival time*. Secara khusus merujuk suatu kejadian (*event*) sebagai suatu *failure*, sementara dalam keadaan beberapa informasi individu diketahui namun tidak mengetahui dengan pasti waktu *survival*-nya, maka disebut sebagai sensor (*censoring*). Dalam analisis kesintasan responden dianalisis berdasarkan kontribusi waktu yang diberikannya sampai observasi terakhir (Kleinbaum & Klein, 2005).

Ukuran asosiasi yang digunakan adalah *Hazard Ratio*. Uji statistik yang digunakan yaitu *Cox Regression (Cox Proportional Hazard)*. *Cox regression* juga disebut *proportional hazard model* karena dibuat tanpa asumsi tentang bagaimana

*baseline* insiden (*hazard*) berubah sepanjang waktu di antara total orang yang tidak terpajan (MacMahon, 1996).

#### 4.10. Etika

Pertimbangan etika menjadi dasar pelaksanaan penelitian. Penelitian dilakukan setelah mendapat persetujuan dari komisi Etik dan Penelitian Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia (*External review*) dan Komite Etik Rumah Sakit Umum Daerah Kota Bekasi (*Internal review*) tempat penelitian dilakukan. Validitas internal tetap diupayakan dengan melakukan *double-blinding* terhadap pilihan macam intervensi, dan terhadap pengukuran keluaran dari penelitian dalam usaha untuk meminimalkan bias yang mungkin terjadi (Shein-Chung & Jen-Pei, 2004; Rothman, Greenland, Lash, 2008). Secara periodik, data dinilai secara independen oleh tim monitoring keamanan penelitian.

Semua petugas Poliklinik Bedah dan petugas Unit Gawat Darurat RSUD Kota Bekasi diberi informasi tentang penelitian dan seluruh prosedur cara kerja penelitian melalui penjelasan mengenai *Protokol Penelitian Fraktur Greenstick Radius*. Untuk menjaga kualitas penatalaksanaan penelitian, dibuat protokol penelitian yang merupakan dokumen penting untuk berbagai kepentingan. Selain itu, Protokol penelitian merupakan sarana komunikasi antar peneliti, manajemen penelitian, manajemen rumah sakit, komite medik termasuk komite etik rumah sakit, perawat, dokter umum, asisten penelitian dan petugas kesehatan lain yang terlibat secara langsung atau tak langsung pada penelitian ini. Protokol penelitian tersebut merupakan dokumen yang menunjukkan tanggung jawab hukum terhadap penelitian yang dilakukan dan ditanda tangani oleh Direktur rumah sakit, ketua komite medik dan ketua komite etik rumah sakit (Lampiran F).

Lembar *informed consent* disosialisasikan dan *informed consent* diberikan kepada pasien dan keluarga tetap dilakukan oleh peneliti. Subyek penelitian dan keluarga perlu memahami tentang hak-hak mereka dan manfaat yang diharapkan dari penelitian tersebut bagi masyarakat. Selain itu, serta memelihara kerjasama dengan pihak peneliti.

Mengacu pada *WMA Declaration of Helsinki - Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects* (Seoul updated, 2008), IDI cabang

Bekasi menganjurkan peneliti membuat protokol penelitian, mencoba penatalaksanaanbaruyang sedang diteliti pada beberapa kasus untuk melihat efektifitas pengobatan dan keselamatan pasien. *Informed consent* kepada orang tua pasien, dianjurkan diberikan se jelas mungkin; Apabila pasien sulit berbahasa Indonesia, *informed consent* dilakukan menggunakan bahasa daerah. Kepada pasien dan orang tuanya dijelaskan bahwa kejadian yang tak diharapkan (KTD) berikut pembiayaan yang diperlukan untuk menanggulangnya, ditanggung oleh peneliti.

Nilai-nilai etiko-medik yang harus dikembangkan, antara lain (*autonomy*) pasien mempunyai hak untuk menolak melanjutkan keikutsertaan dalam penelitian. (*Salus aegroti suprema lex*), pelaksana penelitian dapat memenuhi keinginan pasien dan keluarga untuk sembuh. (*Primum non nocere*), Diutamakan agar pasien tidak merasakan rasa sakit. (*Justice, fairness and equality*), Pasien dan keluarganya mendapat manfaat dari pengobatan yang sedang diteliti. (*Dignity*), hak pasien untuk mendapat perlakuan yang bermartabat terpenuhi. (*Truthfulness, honesty*), peneliti bertindak jujur dan benar(Declaration of Helsinki, WMA 2008).

## BAB 5

### HASIL PENELITIAN

#### 5.1 Pelaksanaan Penelitian

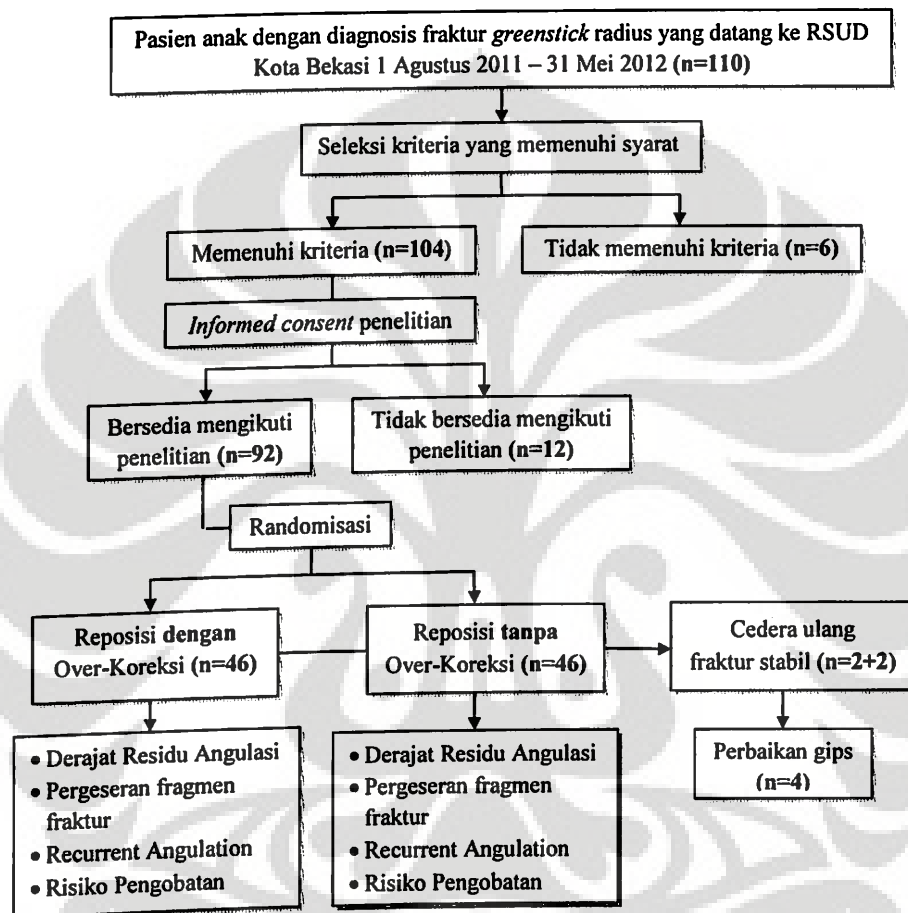
Pada penapisan pasien anak dengan diagnosis fraktur *greenstick* radius yang datang ke RSUD Kota Bekasi sebagai subyek penelitian didapatkan 110 pasien, dan ternyata 6 pasien tidak memenuhi kriteria (2 anak lengannya bengkak karena sudah direposisi oleh dukun tulang, 2 anak dengan fraktur epifisis, 2 anak dengan fraktur terbuka). Orang tua dari 12 pasien menolak anaknya diikutsertakan sebagai subyek penelitian, hanya 92 orang tua anak yang menandatangani *informed consent* penelitian. Sejumlah 92 subyek dibagi menjadi dua kelompok A dan B dengan cara melakukan random alokasi dengan blok sebesar 4, tidak ada pasien yang mengundurkan diri (putus-serta) sekalipun 6 orang pasien alamatnya berubah saat penelitian berlangsung, tidak ada pasien yang meninggal dunia. Sejumlah 92 subyek secara utuh mengikuti penelitian hingga minggu ke-enam dalam 2 kelompok perlakuan yang berbeda (A dan B). Pada evaluasi hasil penelitian 10 minggu pasca pengobatan, lebih dari setengah (60%) datang tidak tepat waktu. Selanjutnya, data penelitian diperoleh dari hasil observasi dan pemeriksaan pada sesaat pasca reposisi, 24 jam pasca reposisi, 1,2,3,4,6, dan 10 minggu pasca reposisi (Gambar 5.1).

Di antara ~~sebanyak~~ 92 subyek yang terlibat sejak awal sampai penelitian selesai, subyek termuda berusia 4 tahun dan tertua 14 tahun (kelompok A) dan subyek termuda 4 tahun dan tertua 15 tahun (kelompok B), dengan rerata usia subyek 10,07 ( $SD = 3,30$ ) tahun (kelompok A) dan 10,22 ( $SD = 3,34$ ) tahun (kelompok B).

Kelompok A adalah kelompok perlakuan reposisi fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi, kemudian dilanjutkan dengan imobilisasi gips sirkuler bawah-siku dengan  $cast-index \leq 0,7$ . Sedangkan kelompok B adalah kelompok perlakuan reposisi fraktur *greenstick* radius tanpa melakukan over-koreksi, kemudian dilanjutkan dengan imobilisasi gips sirkuler bawah-siku dengan  $cast-index \leq 0,7$ .



Pada minggu pertama 4 subyek mengalami cedera ulang dengan kerusakan gips sirkuler, tanpa mengalami perubahan derajat angulasi frakturnya dan tanpa adanya pergeseran fragmen fraktur tambahan. Karena stabilitas fraktur terjaga, dilakukan perbaikan gips sirkuler dengan menambahkan lilitan gips baru sesuai kerusakan yang terjadi (Gambar 5.1).



**Gambar 5.1** Alur penapisan & rekrutmen subyek penelitian, Alokasi intervensi, tindak lanjut dan analisis data

## 5.2 Analisis Univariat

Pada tahap ini dilakukan perbandingan data dasar/karakteristik responden antar kedua kelompok perlakuan reposisi. Data disajikan dengan menggunakan tabel distribusi dan frekuensi. Data dasar/karakteristik responden meliputi umur, kelompok umur, jenis kelamin, mekanisme trauma, tipe angulasi, derajat angulasi, jarak fraktur dari epifisis distal, fraktur ulna sebagai penyerta, dan klinik rujukan

pasien, dengan variabel utama jenis perlakuan/teknik reposisi yang diterima (dengan over-koreksi maupun tanpa over koreksi).

Berdasarkan Tabel 5.1 diketahui bahwa rata-rata umur pasien fraktur *greenstick* radius pada kelompok dengan over koreksi adalah 10,07 tahun, sedangkan rata-rata umur pasien pada kelompok tanpa over-koreksi adalah 10,22 tahun. Kelompok umur responden dikelompokkan menjadi <5 tahun, 5-10 tahun, dan >10 tahun. Dari hasil perbandingan diketahui bahwa distribusi kelompok umur pada kelompok dengan maupun tanpa over koreksi cukup merata. Lebih banyak anak laki-laki (89,13%) yang masuk ke kelompok over koreksi, sementara lebih banyak anak perempuan yang berada pada kelompok tanpa over koreksi (23,91%).

Mekanisme trauma dan tipe angulasi terdistribusi sama besar pada kelompok dengan dan tanpa over koreksi. Distribusi derajat angulasi, jarak fraktur dari epifisis distal, serta fraktur ulna juga hampir sama besar padakedua kelompok. Dari Tabel 5.1 juga diketahui sebagian besar responden berasal dari Poli Ortopedi, yaitu 29 anak (63,04%) dari kelompok over koreksi dan 34 anak (73,91%) dari kelompok tanpa over koreksi (Tabel 5.1).

Tabel 5.1. Perbandingan Data Dasar dari Pasien dengan Teknik Reposisi yang Berbeda

Karakteristik	Katagori	Status Over Koreksi		Nilai <i>p</i>
		Dengan (n=46)	Tanpa (n=46)	
Umur (tahun)		10,07(3,30)	10,22(3,34)	0,41
Kelompok Umur	<5 tahun	3(6,52)	4(8,70)	0,87
	5-10tahun	18(39,13)	16(34,78)	
	>10 tahun	25(54,35)	26(56,52)	
Jenis Kelamin	Pria	41(89,13)	35(76,09)	0,10
	Wanita	5(10,87)	11(23,91)	
Mekanisme Trauma	Pronasi	37(80,43)	37(80,43)	1,00
	Supinasi	9(19,57)	9(19,57)	
Tipe Angulasi	Dorsal	37(80,43)	37(80,43)	1,00
	Volar	9(19,57)	9(19,57)	
Jarak Fraktur dari Epifisis Distal (cm)		5,70(3,04)	6,04(3,03)	0,29

Karakteristik	Katagori	Status Over Koreksi		Nilai <i>p</i>
		Dengan (n=46)	Tanpa (n=46)	
Jarak	2 cm	13(28,26)	10(21,74)	0,91
Fraktur dari	4 cm	8(17,39)	9(19,57)	
Epifisis	6 cm	7(15,22)	8(17,39)	
Distal	8 cm	9(19,57)	9(19,57)	
	10 cm	9(19,57)	9(19,57)	
	>10 cm	0(0,00)	1(2,17)	
Fraktur Ulna	Tidak	33(71,74)	31(67,39)	0,65
	Ya	13(28,26)	15(32,61)	
Klinik	IGD	17(36,96)	12(26,09)	0,26
	Poli Ortopedi	29(63,04)	34(73,91)	

Mean dan SD untuk variabel numerik, jumlah dan persentase(%) untuk variabel katagorik

### 5.3 Analisis Bivariat

Analisis bivariat dilakukan pada variabel dependen utama (derajat residu angulasi) dan variabel dependen sekunder (*recurrent angulation* dan pergeseran fragmen fraktur). Hal tersebut dilakukan untuk menjawab pertanyaan penelitian primer, yaitu untuk melihat perbandingan derajat residu angulasi minggu kedua antara kelompok yang diberi perlakuan over koreksi dengan yang tidak. Analisis tersebut juga sekaligus menjawab pertanyaan penelitian sekunder yang pertama, yaitu untuk melihat perbandingan derajat residu angulasi pada waktu pengamatan lainnya (sesaat, 24 jam, 1, 3, 4, 6, dan 10 minggu pasca reposisi) antara kelompok yang mendapat perlakuan over koreksi terhadap kelompok yang tidak mendapat perlakuan over koreksi.

#### 5.3.1 Derajat Residu Angulasi

Dari tabel 5.2 terlihat bahwa lebih sedikit responden dengan derajat residu angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi dibanding kelompok tanpa over koreksi. Hasil uji *Chi-square* pada semua titik pengamatan didapatkan nilai  $p < 0,05$ , sehingga dapat disimpulkan terdapat perbedaan proporsi derajat residu angulasi antara kelompok yang diberi over koreksi dengan kelompok tanpa over koreksi (ada hubungan yang signifikan secara statistik antara pemberian over koreksi dengan derajat residu angulasi).

Hasil *Risk Different* (beda risiko) secara keseluruhan diperoleh hasil bahwa selisih risiko untuk derajat angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi lebih

kecil persentasenya dibandingkan dengan kelompok tidak over koreksi (Tabel 5.2).

Pada sesaat pasca reposisi terlihat bahwa insiden residu angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi (4,35%) jauh lebih sedikit dibanding kelompok tanpa over koreksi (23,91%). Selisih risiko untuk derajat angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi adalah sebesar -0,19 (-19%) dibanding kelompok tidak over koreksi (Tabel 5.2).

Pada 24 Jam pasca reposisi terlihat bahwa insiden residu angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi (4,35%) jauh lebih sedikit dibanding kelompok tanpa over koreksi (43,48%). Selisih risiko untuk derajat angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi adalah sebesar -0,39 (-39%) dibanding kelompok tidak over koreksi (Tabel 5.2).

Pada minggu pertama pasca reposisi terlihat bahwa insiden residu angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi (8,7%) jauh lebih sedikit dibanding kelompok tanpa over koreksi (47,83%). Selisih risiko untuk derajat angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi adalah sebesar -0,39 (-39%) dibanding kelompok tidak over koreksi (Tabel 5.2).

Pada minggu kedua terlihat bahwa insiden residu angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi (4,35%) jauh lebih sedikit dibanding kelompok tanpa over koreksi (23,91%). Selisih risiko untuk derajat angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi adalah sebesar -0,35 (35%) dibanding kelompok tidak over koreksi (Tabel 5.2).

Pada minggu ketiga pasca reposisi terlihat bahwa insiden residu angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi (4,35%) jauh lebih sedikit dibanding kelompok tanpa over koreksi (36,96%). Selisih risiko untuk derajat angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi adalah sebesar -0,33 (-33%) dibanding kelompok tidak over koreksi (Tabel 5.2).

Pada minggu keempat pasca reposisi terlihat bahwa insiden residu angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi (4,35%) jauh lebih sedikit dibanding kelompok tanpa over koreksi (28,26%). Selisih risiko untuk derajat angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi adalah sebesar -0,24 (-24%) dibanding kelompok tidak over koreksi (Tabel 5.2).

Pada minggu keenam pasca reposisi terlihat bahwa insiden residu angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi (2,17%) jauh lebih sedikit dibanding kelompok tanpa over koreksi (23,91%). Selisih risiko untuk derajat angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi adalah sebesar -0,22 (-22%) dibanding kelompok tidak over koreksi (Tabel 5.2).

Pada minggu kesepuluh pasca reposisi terlihat bahwa insiden residu angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi (0,00%) jauh lebih sedikit dibanding kelompok tanpa over koreksi (17,39%). Selisih risiko untuk derajat angulasi  $>5^0$  pada kelompok over koreksi adalah sebesar -0,17 (-17%) dibanding kelompok tidak over koreksi (Tabel 5.2).

Tabel 5.2 Perbandingan Derajat Residu Angulasi  $>5^0$  Pasca Reposisi

Periode	Status Over Koreksi	Insiden Risk		Nilai <i>p</i>
		Residu Angulasi $>5^0$ (%)	Risk Difference (95%CI)	
Sesaat Pasca Reposisi	Dengan	4,35	-0,19	<b>0,007*</b>
	Tanpa	23,91	(-0,33-(-0,06))	
24 Jam Pasca Reposisi	Dengan	4,35	-0,39	<b>0,001*</b>
	Tanpa	43,48	(-0,55-(-0,24))	
1 Minggu Pasca Reposisi	Dengan	8,70	-0,39	<b>0,001*</b>
	Tanpa	47,83	(-0,56-(-0,23))	
2 Minggu Pasca Reposisi	Dengan	4,35	-0,35	<b>0,001*</b>
	Tanpa	39,13	(-0,50-(-0,19))	
3 Minggu Pasca Reposisi	Dengan	4,35	-0,33	<b>0,001*</b>
	Tanpa	36,96	(-0,48-(-0,18))	
4 Minggu Pasca Reposisi	Dengan	4,35	-0,24	<b>0,002*</b>
	Tanpa	28,26	(-0,38-(-0,10))	
6 Minggu Pasca Reposisi	Dengan	2,17	-0,22	<b>0,002*</b>
	Tanpa	23,91	(-0,35-(-0,09))	
10 Minggu Pasca Reposisi	Dengan	0,00	-0,17	<b>0,003*</b>
	Tanpa	17,39	(-0,28-(-0,06))	

\*bermakna secara statistik ( $p \leq 0,05$ )



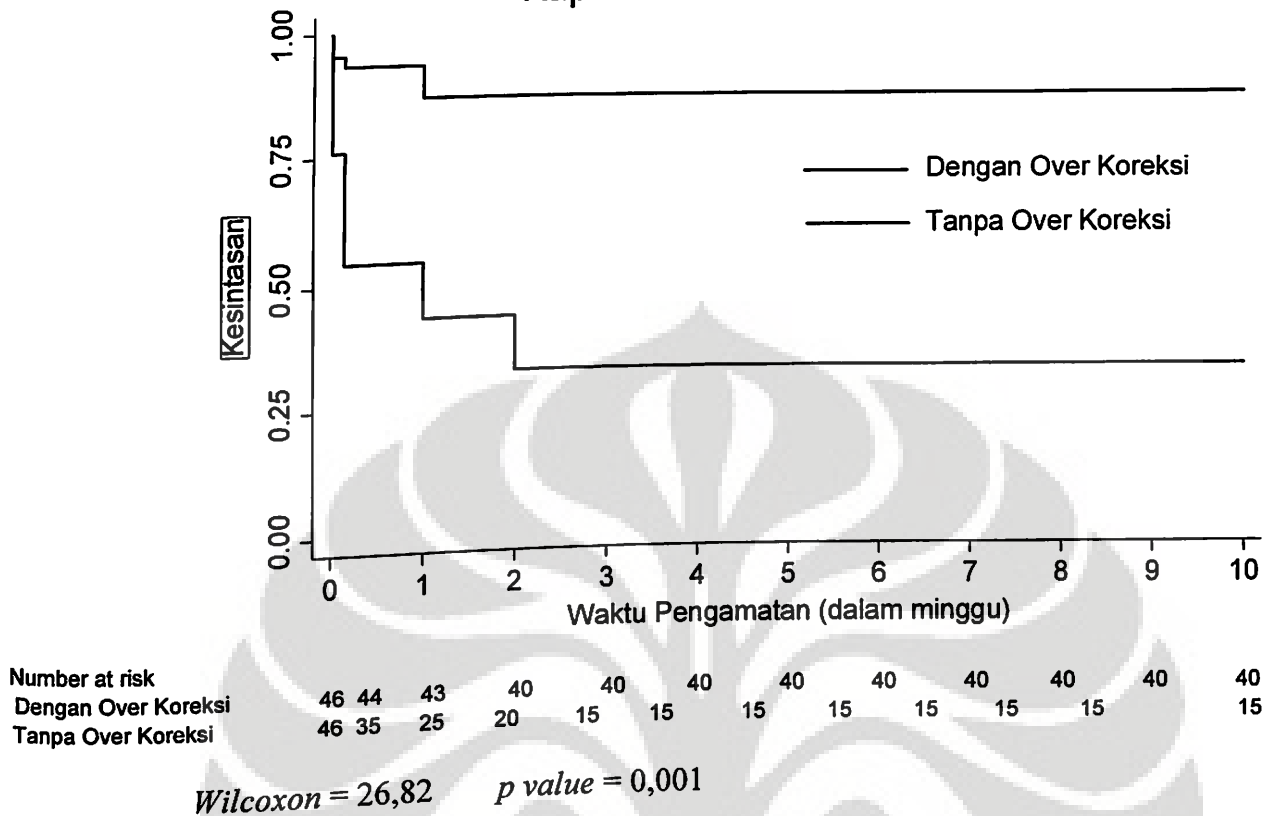
**Gambar 5.2** Residu angulasi minimal yang didapatkan pada reposisi dengan melakukan over-koreksi pada subyek anak laki-laki usia 6 tahun

### 5.3.2 Analisis Survival Angulasi-ulang (*Recurrent Angulation*)

*Recurrent angulation* dihitung dari memburuknya angulasi setelah reposisi. Untuk dapat melihat pengaruh *recurrent angulation* secara kontinu digunakan analisis survival. Dalam analisis ini, pasien yang mengalami *recurrent angulation* disebut *event*, sedangkan variabel independen over-koreksi disebut *exposure*, Data kemudian dianalisis kesintasannya (*survival*) berdasarkan waktu pengamatan. Pengaruh variabel independen utama perlakuan over-koreksi terhadap probabilitas kesintasan (*survival*) penderita Fraktur *Greenstick* Radius dapat dilihat pada Gambar 5.3.

Grafik kesintasan 5.3 memperlihatkan perbedaan probabilitas 10 minggu penderita fraktur *greenstick* radius antara yang mendapatkan reposisi dengan over-koreksi terhadap subyek yang mendapatkan reposisi tanpa over-koreksi. Hasil uji *wilcoxon* juga memperlihatkan nilai  $p\text{-value} < 0,05$ .

## Kaplan-Meier survival estimates



**Gambar 5.3** Uji Kaplan-Meier : Probabilitas Kesintasan (*survival*) Reccurent Angulation 10 Minggu Penderita Fraktur Greenstick Radius di RSUD Kota Bekasi berdasarkan Pemberian Perlakuan Over-koreksi pada saat Reposisi

Sesaat pasca reposisi probabilitas bertahan untuk tidak terjadi *recurrent angulation* pada kelompok dengan over koreksi adalah sebesar 95,65%, lebih besar dibandingkan pada kelompok tanpa over koreksi (76,09%). Pada minggu pertama juga didapatkan hasil yang sama, probabilitas bertahan untuk tidak terjadi *recurrent angulation* pada kelompok dengan over koreksi (86,96%), lebih besar dibandingkan pada kelompok tanpa over koreksi (43,48%). Pada minggu terakhir, probabilitas bertahan untuk tidak terjadi *recurrent angulation* pada kelompok dengan over koreksi adalah sebesar 86,96%, lebih besar dibandingkan pada kelompok tanpa over koreksi (32,61%) (Tabel 5.3).

Berikut hasil perhitungan probabilitas kesintasan (*survival*) penderita Fraktur *Greenstick* Radius berdasarkan waktu (hari) kesintasannya dengan menggunakan metode *Kaplan-Meier*.

Tabel 5.3 Kesintasan (*survival*) *Recurrent Angulation* 10 Minggu Penderita Fraktur *Greenstick* Radius di RSUD Kota Bekasi

Waktu Kesintasan (hari)	Probabilitas Kesintasan (%)	95%CI*
Dengan Over Koreksi		
0,42 (1 jam)	95,65	83,71-98,89
24 jam	93,48	81,13-97,85
1 minggu	86,96	73,25-93,92
2 minggu	86,96	73,25-93,92
3 minggu	86,96	73,25-93,92
4 minggu	86,96	73,25-93,92
6 minggu	86,96	73,25-93,92
10 minggu	86,96	73,25-93,92
Tanpa Over Koreksi		
0,42 (1 jam)	76,09	60,99-85,98
24 jam	54,35	39,01-67,37
1 minggu	43,48	29,02-57,08
2 minggu	32,61	19,72-46,14
3 minggu	32,61	19,72-46,14
4 minggu	32,61	19,72-46,14
6 minggu	32,61	19,72-46,14
10 minggu	32,61	19,72-46,14

\*CI: Confidence Interval

Insiden rate *recurrent angulation* pada kelompok over koreksi (0,002) lebih kecil dibanding kelompok tanpa over koreksi (0,027). Selisih risiko untuk *recurrent angulation* pada kelompok over koreksi adalah sebesar -0,025 dibanding kelompok tidak over koreksi (Tabel 5.4).

Tabel 5.4 Perbedaan Risiko *Recurrent Angulation* 10 Minggu Penderita Fraktur *Greenstick* Radius di RSUD Kota Bekasi

Status Over Koreksi	Event	Time	IR	Risk Difference (95%CI)	Nilai p
Ya	6	2822,08	0,002	-0,025	0,001*
Tidak	31	1165,05	0,027	(-0,02-(-0,03))	

\*bermakna secara statistik ( $p \leq 0,05$ )

### 5.3.3 Pergeseran Fragmen Fraktur

Dari tabel 5.5 terlihat bahwa lebih banyak responden dengan pergeseran fragmen fraktur  $\geq 25\%$  pada kelompok over koreksi dibanding kelompok tanpa over koreksi. Hasil uji *Chi-square* pada sesaat pasca reposisi hingga 1 minggu pasca reposisi didapatkan nilai  $p < 0,05$ , sehingga dapat disimpulkan terdapat perbedaan proporsi pergeseran fragmen fraktur antara kelompok yang diberi over



koreksi dengan kelompok tanpa over koreksi pada waktu pengamatan tersebut (ada hubungan yang signifikan secara statistik antara pemberian over koreksi dengan pergeseran fragmen fraktur  $\geq 25\%$ ).

Secara keseluruhan, *incidence risk* pergeseran fragmen fraktur  $\geq 25\%$  pada kelompok over koreksi lebih besar persentasenya dibanding kelompok tidak over koreksi. Akan tetapi, walaupun lebih banyak responden pada kelompok over koreksi yang mengalami pergeseran fragmen fraktur, namun proporsi kelompok over koreksi yang mengalami penurunan pergeseran fragmen fraktur mendekati normal lebih besar dibanding kelompok tanpa over koreksi, misalnya pada minggu kedua terjadi penurunan insiden pergeseran fragmen fraktur pada kelompok over koreksi dari 30,43% pada minggu pertama menjadi 8,70% pada minggu kedua. Selisih risiko untuk pergeseran fraktur  $\geq 25\%$  pada kelompok over koreksi paling tinggi pada sesaat pasca reposisi (0,35) namun pada minggu kedua sampai minggu kesepuluh terjadi penurunan selisih risiko yang cukup besar dibandingkan minggu pertama, 24 jam atau sesaat pasca reposisi. Hal ini terlihat dari hasil kemaknaan statistik yang tidak bermakna dari minggu kedua sampai dengan minggu kesepuluh (tabel 5.5).

Tabel 5.5 Perbandingan Pergeseran Fragmen Fraktur  $\geq 25\%$  Pasca Reposisi

Periode	Status Over Koreksi	Insiden Risk Pergeseran Fragmen Fraktur $\geq 25\%$ (%)	Risk Difference (95%CI)	Nilai <i>p</i>
Sesaat Pasca Reposisi	Dengan	45,65	0,35	<b>0,001*</b>
	Tanpa	10,87	(0,18-0,52)	
24 Jam Pasca Reposisi	Dengan	32,61	0,22	<b>0,012*</b>
	Tanpa	10,87	(0,06-0,38)	
1 Minggu Pasca Reposisi	Dengan	30,43	0,26	<b>0,001*</b>
	Tanpa	4,353	(0,12-0,41)	
2 Minggu Pasca Reposisi	Dengan	8,70	0,07	0,168
	Tanpa	2,17	(0,03-0,16)	
3 Minggu Pasca Reposisi	Dengan	6,52	0,04	0,307
	Tanpa	2,17	(0,04-0,13)	
4 Minggu Pasca Reposisi	Dengan	6,52	0,04	0,307
	Tanpa	2,17	(0,04-0,13)	
6 Minggu Pasca Reposisi	Dengan	6,52	0,04	0,307
	Tanpa	2,17	(0,04-0,13)	
10 Minggu Pasca Reposisi	Dengan	6,52	0,04	0,307
	Tanpa	2,17	(0,04-0,13)	

\*bermakna secara statistik ( $p \leq 0,05$ )



**Gambar 5.4** Pada angulasi awal  $>30^{\circ}$ , sering terjadi penambahan derajat tingkat pergeseran fragmen fraktur pada minggu pertama pasca reposisi. (minggu ke-3 pergeseran menjadi  $<25\%$ )

#### 5.3.4 Risiko Pengobatan

Tabel 5.6 memperlihatkan risiko pengobatan yang terjadi selama masa pengamatan. Keterbatasan *Range of Motion* sendi-sendi jari-jari tangan dapat terjadi segera pasca reposisi. Pada sesaat hingga 24 jam pasca reposisi terdapat beberapa responden yang mengalami keterbatasan *Range of Motion*, namun setelah 1 minggu, semua responden dapat bergerak dengan bebas dengan *Range of Motion* penuh.

Komplikasi berupa bengkak pada jari-jari tangan terjadi sesaat pasca reposisi. Tidak ada responden yang mengalami bengkak pada jari setelah minggu keempat. Tabel 5.6 juga memperlihatkan bahwa lebih banyak responden yang mengalami bengkak pada jari-jari tangan pada kelompok tanpa over koreksi.

Ada tidaknya sindrom kompartemen diobservasi mulai 24 jam pasca reposisi. Dari hasil penelitian terlihat bahwa hanya ada 1 responden dari masing-masing kelompok yang mengalami sindrom kompartemen pada minggu pertama (Tabel 5.6).

*Callus formation* pada observasi subyek penelitian mulai terlihat pada minggu pertama. Hal ini berbeda dengan orang dewasa yang pada umumnya

terjadi mulai minggu ketiga pada proses penyembuhan fraktur. Setelah hilangnya pembengkakan jaringan lunak pada minggu kedua, tidak terlihat adanya gips yang longgar (Tabel 5.6).

Tabel 5.6 Risiko Pengobatan

Variabel	Dengan Over Koreksi	Tanpa Over Koreksi	P
	N=46 (%)	N=46 (%)	
<b>Sesaat Pasca Reposisi</b>			
1. ROM			
Penuh	45(97,83)	46(100,0)	0,315
Terbatas	1(2,17)	0(0,00)	
2. Bengkak pada jari			
Tidak	45(97,83)	42(91,30)	0,168
Ya	1(2,17)	4(8,70)	
3. NVD			
Tidak	46(100,0)	46(100,0)	-
Ya	0(0,00)	0(0,00)	
<b>24 Jam Pasca Reposisi</b>			
1. ROM			
Penuh	46(100,0)	45(97,83)	0,315
Terbatas	0(0,00)	1(2,17)	
2. Bengkak pada jari			
Tidak	44(52,38)	40(47,62)	0,139
Ya	2(25,00)	6(75,00)	
3. NVD			
Tidak	46(100,0)	45(97,83)	0,315
Ya	0(0,00)	1(2,17)	
4. Sindrom Kompartemen			
Tidak	45(97,83)	45(97,83)	1,00
Ya	1(2,17)	1(2,17)	
<b>1 Minggu Pasca Reposisi</b>			
1. ROM*			
Penuh	46(100,0)	46(100,0)	-
Terbatas	0(0,00)	0(0,00)	
2. Bengkak pada jari			
Tidak	44(52,38)	42(91,30)	0,398
Ya	2(25,00)	4(8,70)	
3. NVD*			
Tidak	46(100,0)	46(100,0)	-
Ya	0(0,00)	0(0,00)	
4. Sindrom Kompartemen*			
Tidak	46(100,0)	46(100,0)	-
Ya	0(0,00)	0(0,00)	
5. Callus Formation			
Ya	33(71,74)	33(71,74)	1,00
Tidak	13(28,26)	13(28,26)	

Variabel	Dengan Over Koreksi	Tanpa Over Koreksi	P
	N=46 (%)	N=46 (%)	
<b>2 Minggu Pasca Reposisi</b>			
1. Bengkak pada jari			
Tidak	45(97,83)	42(91,30)	0,168
Ya	1(2,17)	4(8,70)	
2. <i>Callus Formation</i>			
Ya	45(97,83)	42(91,30)	0,168
Tidak	1(2,17)	4(8,70)	
3. Gips Longgar*			
Tidak	46(100,0)	46(100,0)	-
Ya	0(0,00)	0(0,00)	
<b>3 Minggu Pasca Reposisi</b>			
1. Bengkak pada jari			
Tidak	45(97,83)	46(100,0)	0,315
Ya	1(2,17)	0(0,00)	
2. <i>Callus Formation</i>			
Ya	46(100,0)	44(52,38)	0,153
Tidak	0(0,00)	2(25,00)	
<b>4 Minggu Pasca Reposisi</b>			
1. Bengkak pada jari*			
Tidak	46(100,0)	46(100,0)	-
Ya	0(0,00)	0(0,00)	
2. <i>Callus Formation</i> *			
Ya	46(100,0)	46(100,0)	-
Tidak	0(0,00)	0(0,00)	

\*Tidak ada perubahan proporsi pada pengamatan-pengamatan selanjutnya

## 5.4 Hasil Uji Hipotesis

### 5.4.1 Hipotesis Mayor

Penatalaksanaan fraktur greenstick radius dengan melakukan over-koreksi saat reposisi dalam pembiusan, berpengaruh terhadap pengendalian derajat residu-angulasi.

Hasil analisis bivariat pada minggu kedua antara variabel derajat residu angulasi dengan variabel independen perlakuan didapatkan nilai  $p > 0,05$  dan nilai *Risk Difference* -0,35 (95%CI: -0,50-(-0,19)), artinya selisih risiko responden dengan over koreksi sebesar -0,35 (-35%) untuk terjadinya derajat residu angulasi  $>5^{\circ}$  dibanding responden yang tidak mendapatkan perlakuan over-koreksi. Hasil analisis bivariat pada sesaat pasca reposisi, 24 jam, 1, 2, 3, 4, 6, dan 10 minggu pasca reposisi antara variabel derajat residu angulasi dengan variabel independen perlakuan didapatkan nilai  $p < 0,05$  dan nilai *RD* negatif, artinya selisih risiko

responden dengan over koreksi sangat kecil untuk memiliki derajat residu angulasi  $>5^0$  (Tabel 5.2), sehingga hipotesis mayor diterima.

Hal itu menunjukkan bahwa penelitian ini dapat membuktikan bahwa pengobatan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi menghasilkan hasil yang lebih baik dalam residu angulasi dibandingkan reposisi fraktur tanpa melakukan over-koreksi.

#### 5.4.2 Hipotesis Minor

##### 1. Hipotesis Pertama

Penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi saat reposisi dalam pembiusan, memproteksi terjadinya angulasi-ulang (*recurrent angulation*).

Analisis survival untuk mengamati terjadinya angulasi-ulang (*recurrent angulation*) pada pengobatan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi saat reposisi dalam pembiusan, yang dilanjutkan imobilisasi gips sirkuler bawah siku (*cast-index*  $\leq 0,7$ ) didapatkan probabilitas kesintasan untuk tidak terjadi angulasi-ulang lebih besar pada kelompok over-koreksi dibanding tanpa over-koreksi.

*Incidence Rate recurrent angulation* pada kelompok over-koreksi lebih kecil dibandingkan tanpa over koreksi dengan risk difference sebesar -0,025 (95% CI: -0,02-(-0,03)). Hal ini membuktikan bahwa over-koreksi saat reposisi dalam pembiusan, memproteksi terjadinya angulasi-ulang (*recurrent angulation*), sehingga hipotesis minor pertama diterima (Tabel 5.4).

##### 3. Hipotesis Kedua

Penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi saat reposisi dalam pembiusan berpengaruh mengontrol pergeseran fragmen fraktur.

Hasil analisis bivariat antara variabel pergeseran fragmen fraktur dengan variabel independen perlakuan didapatkan nilai  $p < 0,05$  pada sesaat pasca reposisi hingga minggu pertama, artinya pemberian over koreksi berpengaruh terhadap terjadinya pergeseran fragmen fraktur hanya bermakna pada sesaat pasca reposisi

hingga minggu pertama. *Pvalue* yang dihasilkan pada minggu kedua hingga minggu kesepuluh tidak signifikan, hal ini dikarenakan terjadi perbaikan (terjadi koreksi oleh proses remodeling fraktur lebih cepat dan lebih besar) pada kelompok yang diberi over-koreksi sehingga tidak terdapat perbedaan proporsi antara over-koreksi dan tanpa over-koreksi pada minggu kedua hingga kesepuluh.

Secara keseluruhan, *incidence risk* pergeseran fragmen fraktur  $\geq 25\%$  pada kelompok over koreksi lebih besar persentasenya dibanding kelompok tidak over koreksi. Akan tetapi, walaupun lebih banyak responden pada kelompok over koreksi yang mengalami pergeseran fragmen fraktur, namun proporsi kelompok over koreksi yang mengalami penurunan pergeseran fragmen fraktur mendekati normal lebih besar dibanding kelompok tanpa over koreksi (Tabel 5.5). Hal ini membuktikan bahwa penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi saat reposisi dalam pembiusan berpengaruh mengontrol pergeseran fragmen fraktur selama masa pengobatan terutama pada minggu kedua hingga minggu kesepuluh, sehingga hipotesis minor kedua diterima.

#### 4. Hipotesis Keempat

Penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi saat reposisi dalam pembiusan, berpengaruh mengontrol risiko pengobatan.

Hasil analisis bivariat untuk variabel risiko pengobatan didapatkan nilai  $p > 0,05$  (Tabel 5.6) sehingga hipotesis minor keempat tidak dapat diterima atau ditolak. Hal tersebut menunjukkan bahwa penelitian ini tidak dapat membuktikan bahwa pengobatan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi lebih baik dalam mengontrol risiko pengobatan dibandingkan reposisi fraktur tanpa melakukan over-koreksi.

## BAB 6

### PEMBAHASAN

#### 6.1 Keterbatasan penelitian

Metode *double-blind* (tersamar ganda), dimana peneliti dan semua petugas di lapangan yang terlibat dalam penelitian ini sama-sama tidak mengetahui subyek yang mendapat perlakuan reposisi dengan over-koreksi atau subyek yang mendapat perlakuan reposisi tanpa over-koreksi. Peneliti mendapatkan pilihan dan urutan reposisi subyek penelitian dari pihak ketiga melalui amplop tertutup (*by-concealment*). Namun dalam perjalanan penelitian, peneliti yang melakukan tindakan, mengenal subjek yg mendapat perlakuan over-koreksi dan tanpa-over koreksi sehingga dapat berpengaruh pada pemantauan.

#### 6.2 Generalisasi hasil penelitian

Generalisasi penelitian bergantung pada keterwakilan populasi penelitian, Kesahihan (validitas) penelitian meliputi kesahihan interna dan kesahihan eksterna. Kesahihan interna menunjukkan akurasi hasil penelitian yang dapat memberikan gambaran yang sebenarnya tentang populasi penelitian (Greenberg, 2005), atau kemampuan desain penelitian menguji hipotesis secara tepat (Borden KS, 1991). Kesahihan eksterna menyatakan kemampuan hasil penelitian untuk diterapkan pada populasi lain yang lebih luas (Elwood, 1998; Greenberg, 2005).

Populasi fraktur *greenstick* radius rumah sakit umum daerah di kabupaten di seluruh Indonesia dapat diwakili oleh RSUD kota Bekasi yang mempunyai sistem kerja, dukungan sarana diagnostik dan terapi yang sama serta kinerja pelayanan ortopedi yang tidak jauh berbeda. Alokasi random dinilai berhasil sehingga hanya perlakuan reposisi yang menentukan *outcome of treatment*. Hal tersebut tidak memerlukan pengembangan sistem skoring prediksi keberhasilan terapi fraktur *greenstick* radius.

Pada table 5.1 dapat dilihat bahwa tidak ada perbedaan secara statistik ( $p > 0,05$ ) karakteristik responden antar kedua kelompok perlakuan reposisi.

Sumber variabilitas hasil pemeriksaan dan pengukuran tersebut dapat bersifat random atau sistematis. Akurasi dan presisi setiap pengukuran merupakan masalah yang perlu diperhatikan dalam penelitian kedokteran. Variabilitas merupakan komponen penting dalam interpretasi dan aplikasi hasil penelitian secara tepat. Variabilitas dapat terjadi di tiga tingkatan meliputi: tingkat individual, populasi dan sampel. Pada setiap tingkat dapat terjadi beberapa variabilitas, misalnya pada tingkat individu, sumber variabilitas yang potensial adalah karakteristik individual dan karakteristik pengukuran. Ketika ditemukan variasi yang besar pada subyek akibat perubahan dan proses biologis yang dapat saling berinteraksi pada subjek individu, pengukuran dan parameter tunggal dapat memberikan informasi kondisi subjek yang kurang tepat. (Chung Pei, 2004, serta Rothman, Greenland, Lash, (2008)); Pada tingkat populasi, dapat terjadi variabilitas genetik antar individu, variabilitas lingkungan dan variabilitas pengukuran. Variabilitas yang besar pada tingkat individu berdampak lebih besar di tingkat populasi yang merupakan kumpulan individu (Greenberg, 2005).

Variabilitas pada penarikan sampel suatu populasi (*sampling variability*) merupakan faktor penting dalam penelitian kedokteran dan kesehatan. Penggunaan sampel tunggal untuk mewakili suatu populasi analog dengan pengukuran tunggal untuk mendapatkan gambaran karakteristik individu. Sumber variabilitas pengukuran dibedakan menjadi dua kelompok meliputi variasi pengukuran dan variasi biologis. Variasi pengukuran mencakup variabilitas pada instrumen yang digunakan untuk mengukur dan memeriksa atau orang yang melakukan pengukuran, yang dapat terjadi variasi antar pengamat (*inter-observer variation*) (Fletcher dan Fletcher, 1996).

### 6.3 Ketepatan Metode

Penggunaan desain *Randomized Clinical Trial* dianggap paling tepat untuk menilai efek perlakuan over-koreksi pada penelitian ini. Desain ini menempati hierarki tertinggi dan merupakan metode terbaik untuk menilai hubungan sebab akibat. Randomisasi merupakan salah satu metode yang tepat untuk mengendalikan faktor perancu (*confounding*) pada tahap desain penelitian sebelum penelitian dilakukan. Setelah randomisasi, dilakukan *Double blind*



*assessment* untuk menjaga kesebandingan antara kelompok perlakuan yang diintervensi dengan kelompok kontrol yang tidak diintervensi. *Concealment* dilakukan untuk mencegah kecenderungan perlakuan operator yang berbeda pada kedua kelompok, karena operator baru dapat mengetahui pilihan over koreksi yang dilakukannya setelah membuka amplop kertas minyak, sesaat sebelum melakukan tindakan.

#### 6.4 Ketepatan Analisis

Analisis yang dilakukan, dimulai dari analisis univariat dengan membandingkan kelompok intervensi dengan kelompok kontrol untuk melihat kesebandingan variabel independen yang lain. Selanjutnya, dilakukan analisis bivariat dengan uji chi-square dan perhitungan beda risiko (*Risk Difference*) untuk melihat efek over-koreksi terhadap residu-angulasi, pergeseran fragmen fraktur dan *recurrent angulation* berdasarkan waktu pengamatan. Analisis ini dianggap tepat karena hasil analisis univariat memperlihatkan bahwa komparabilitas telah tercapai sebagai pertanda variabel perancu telah terkendali sehingga tidak perlu lagi dikendalikan ditingkat analisis multivariat. Analisis survival dilakukan untuk melihat efek protektif over-koreksi terhadap *recurrent angulation*. Analisis ini dapat mengamati variabel kejadian (*outcome variabel*) yang berupa waktu (pasca reposisi) hingga terjadi peristiwa *recurrent angulation*.

#### 6.5 Pembahasan Hasil Penelitian

##### 6.5.1 Derajat Residu Angulasi

Dinamika angulasi, yang meliputi residu angulasi, pergeseran fragmen fraktur, angulasi ulang (*recurrent angulation*); berpotensi menjadi sumber ketidakpastian perjalanan penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius. Perbaikan dinamika tersebut terjadi akibat proses remodeling fraktur, sebelum minggu ketiga pasca reposisi. Risiko ketidakpastian tersebut berimplikasi praktis berupa anggapan kegagalan penatalaksanaan konservatif dan penatalaksanaan akan berubah menjadi metode operatif.

Pada dua minggu pertama pasca reposisi fraktur *greenstick* radius yang dilanjutkan dengan over-koreksi, terjadi kompresi pada sisi fraktur. Sehingga terjadi pembebanan mekanik pada ke dua ujung fragmen fraktur yang mengawali proses remodeling fraktur. Sejak dilakukan over-koreksi, terjadipolarisasi negatif yang menarik osteoblas dari bawah periosteum, untuk memulai osifikasi intramembranus. Pada sisi over-koreksi terjadi osteogenesis distraksi yang berdampak polarisasi negatif dan memicu osifikasi transkondral yang selanjutnya merangsang pembentukan *woven-bone* yang membungkus dan menjadi stabilisator area fraktur.

Penelitian ini menemukan kondisi angulasi ulang yang relatif lebih baik pada kelompok yang mendapat perlakuan reposisi dengan over koreksi dari pada reposisi tanpa over-koreksi. Setelah fraktur stabil pada residu-angulasi minimal, pergeseran fragmen-fraktur berkurang, dan terjadi proteksi angulasi-ulang. Proses remodeling tulang menjadi lebih efektif melalui osifikasi endokondral. Efektivitas proses mekanotransduksi pada remodeling dapat ditingkatkan melalui proses piezoelektrik dengan memberikan latihan kontraksi isometrik pada otot-otot lengan bawah dan tangan yang berada didalam inobilisasi gips serkuler bawah-siku.

Derajat residu angulasi pada akhir terapi dari tahun ketahun memperlihatkan trend yang semakin berkurang. Penelitian ini menemukan derajat residu angulasi  $15^{\circ}$ . Sedangkan derajat residu angulasi yang dapat diterima adalah  $25^{\circ}$  (Beekman, 1941 dan Blount, 1942) dan residu angulasi terbesar adalah  $20^{\circ}$  (Charnley, 1968 dan Hughston, 1967, Hendroyono, 1990). Residu angulasi  $5^{\circ}$  dapat terkoreksi spontan oleh proses remodeling pada anak-anak semua umur (Schmittenbecher, 2005).

Pada 2 minggu pasca reposisi, hasil analisis bivariat tindakan over koreksi berpengaruh secara bermakna terhadap derajat residu angulasi (nilai  $p < 0,05$  dan nilai RD  $-0,35$  (95% CI:  $-0,50 - -0,19$ ) (Tabel 5.2). Hal tersebut berarti bahwa pada minggu kedua kelompok over-koreksi terbukti mempunyai residu angulasi yang lebih baik daripada kelompok tanpa over-koreksi. Hal yang sama juga terjadi pada waktu pengamatan lainnya. Kelompok over-koreksi terbukti mempunyai residu angulasi yang lebih baik pada sesaat pasca reposisi, serta pada

24 jam, 1, 3, 4, 6, dan 10 minggu pasca reposisi dibanding kelompok tanpa over-koreksi.

Residu angulasi merupakan indikator penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius. Implikasi ilmiah dan praktis temuan ini adalah bahwa berapapun angulasi awal yang ditemukan, tindakan over-koreksi pada saat reposisi akan derajat menghasilkan derajat residu angulasi yang minimal ( $\leq 5^0$ ). Hal tersebut berarti bahwa angulasi tersebut dapat terkoreksi spontan pada saat proses remodeling berlangsung. Pengamatan residu angulasi pada minggu kedua hingga minggu kesepuluh menunjukkan hasil yang sama sesuai dengan hasil penelitian serupa yang telah dilakukan sebelumnya. Implikasi praktis temuan ini adalah bahwa evaluasi radiologis berpeluang dilakukan hanya sampai minggu kedua pasca reposisi (Ellis dan Levy, 2008).

Residu derajat angulasi  $5^0$  merupakan batasan untuk semua umur, hasil penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius dapat terkoreksi secara spontan oleh proses remodeling penyembuhan tulang. Dengan pendekatan konsep *mechano-transduction* dan Piezoelektrik, ketiga proses osifikasi yang meliputi intra membranus, endokondral dan transkondral dapat berlangsung optimal hingga dapat mendorong proses remodeling yang seimbang dan akan mengurangi terjadinya deformitas.

### 6.5.2 Angulasi-ulang (*Recurrent Angulation*)

Pengalaman angulasi ulang di dalam gips sirkuler yang mengikuti proses reposisi tanpa over-koreksi yang dialami oleh Beekman (1941), Blount (1942), Charnley (1968), Hughston (1967), Mc. Laughlin (1959), Pollen (1973), Stuhmer (1980); dilaporkan dalam artikel yang berjudul '*State-Of-The-Art Treatment Of Forearm Shaft Fractures*' (Schmittenbecher, 2005).

Probabilitas kesintasan 10 minggu penderita fraktur *greenstick* radius reposisi untuk tidak terjadi *recurrent angulation* dengan over-koreksi lebih besar dibandingkan kelompok yang tanpa over-koreksi (Gambar 5.4). Insiden rate *recurrent angulation* pada kelompok over koreksi lebih kecil dibanding kelompok tanpa over koreksi dengan selisih risiko sebesar -0,025 (95% CI: -0,02 – -0,03) (tabel 5.4).

Penderita fraktur *greenstick* radius yang mendapat over koreksi dalam pengamatan selama 10 minggu, terproteksi *dari recurrent angulation* daripada yang tidak mendapat perlakuan over koreksi. Penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius dengan over-koreksi dapat memproteksi kejadian *recurrent angulation*. Responden tanpa over-koreksi berisiko mengalami *recurrent angulation*  $>5^{\circ}$  lebih besar daripada yang mendapat perlakuan over-koreksi. Over-koreksi akan menyeimbangkan pembebanan di seluruh permukaan ujung korteks radius yang saling berhadapan pasca reposisi.

### 6.5.3 Pergeseran Fragmen Fraktur

Pemberian over-koreksi berpengaruh secara bermakna terhadap pergeseran fragmen fraktur hanya tampak sesaat pasca reposisi, hingga satu minggu pasca reposisi (nilai  $p < 0,05$ ). Insidens pada kelompok subyek yang mendapatkan over-koreksi lebih banyak yang mengalami pergeseran fragmen fraktur dibandingkan kelompok subyek tanpa over koreksi. Dengan kata lain, kelompok yang mendapat perlakuan over-koreksi berisiko lebih tinggi untuk mengalami pergeseran fragmen fraktur  $\geq 25\%$  tetapi deformitas tersebut segera terkoreksi spontan pada minggu kedua dan ketiga, sehingga pada minggu kedua hingga minggu kesepuluh tidak terdapat perbedaan bermakna antara over-koreksi dan tanpa over koreksi untuk mengalami pergeseran fragmen fraktur (nilai  $p > 0,05$ ) (Tabel 5.5).

Komplikasi terbanyak reduksi tertutup dan imobilisasi gips sirkuler pada radius adalah pergeseran fragmen fraktur (*displacement*) dan kehilangan hasil reposisi (*loss of reduction*) yang terjadi pada minggu-minggu awal dari masa imobilisasi. Deformitas awal berupa angulasi yang besar atau derajat pergeseran fragmen fraktur yang besar merupakan faktor risiko kejadian *malunion* (Alemdaroğlu, Iltar, dan Cimen, 2008).

Tindakan over-koreksi yang memberikan hasil lebih baik, dapat memberikan keyakinan ahli bedah ortopedi yang masih meragukan risiko pergeseran fragmen fraktur akan menetap sampai akhir pengobatan. Temuan ini juga berimplikasi mendorong pelaksanaan tindakan reposisi di lapangan yang harus dilakukan dengan benar dengan cara membengkokkan melawan resistensi kortek yang berkesinambungan akibat proses konsolidasi awal pada kortek yang

utuh, sebelum melakukan hentakan over-koreksi (Hendroyono, 2009). Pergeseran minimal <25% berimplikasi klinis jaminan pembebanan pada kedua korteks antar fragmen fraktur, sehingga proses remodelingakan terjadi secara baik (proses mekano-transduksi).

#### 6.5.4 Risiko Pengobatan

Over koreksi tidak berhubungan bermakna dengan risiko pengobatan dengan nilai  $p > 0,05$  (tabel 5.6). Hal ini kemungkinan terjadi karena risiko pengobatan yang terjadi pada pasien sangat sedikit sehingga tidak dapat membuktikan hipotesis minor keempat.

Pada anak, fraktur lengan bawah berisiko secara bermakna menimbulkan restriksi gerak sendi yang mengganggu. Keterbatasan pronasi dan supinasi akan terjadi meskipun dengan ketidaksegarisan hasil reposisi fraktur yang minimal khususnya pada fraktur sepertiga proksimal radius. Apabila evaluasi radiologis menunjukkan pola fraktur yang stabil, penatalaksanaan konservatif dengan stabilisasi oleh gips sirkuler memberikan hasil yang cukup baik. Temuan penelitian mengungkapkan dua subyek yang mengalami residu angulasi  $15^\circ$  dengan keterbatasan supinasi pada paca reposisi. minggu pasca reposisi, Setelah 10 minggu pasca reposisi didapatkan derajat jangkauan sendi yang maksimal dengan residu angulasi yang tetap  $15^\circ$  (table 5.11).

Meskipun jarang terjadi; sindroma kompartmental tetap memerlukan tindakan pembedahan *fasciotomi* untuk menghindari cacat permanen. (Yuan, Philip, Pring, Maya, Gaynor, Tracey(2004), Pada anak-anak yang hiperaktif, diagnosis dan keluhan sindroma tersebut sulit ditegakkan. Rasa sakit yang tidak tertanggulangi oleh dosis analgetik yang terus meningkat, harus dicermati terhadap kemungkinan sindroma kompartmental. Pada penelitian didapatkan dua subyek yang diobservasi selama 2 hari di IGDS RSUD Kota bekasi dan diperbolehkan pulang setelah gejala sindroma kompartemen teratasi.

Risiko refraktur lebih tinggi di sepertiga proksimal dan sepertiga tengah radius daripada di sepertiga distal radius (Grano & Colucci, 2007). Untuk mengantisipasi kejadian refraktur tersebut, masa imobilisasi gips sirkuler pada fraktur *greenstick* radius perlu diperpanjang. Risiko refraktur pada lengan bawah

ditentukan oleh derajat keparahan fraktur awal, lokasi garis fraktur, residu garis fraktur yang terlihat dan residu pergeseran fragmen fraktur yang terlihat pada pemeriksaan radiologis. Pada penelitian ini, terjadi 4 kasus cedera ulang pada subyek, tetapi tidak didapatkan temuan re-fraktur, meskipun subyek diobservasi hingga minggu kesepuluh pasca reposisi.

Metode apapun yang dipilih, pada akhirnya dapat mengurangi kecacatan fungsi secara maksimal. Gangguan fungsi berupa keterbatasan gerak sendi jari-jari tangan ditemukan pada kedua kelompok perlakuan segera pasca reposisi dan menghilang pada minggu pertama pasca reposisi (Schmittenbecher, 2005).

Residu angulasi yang dapat berubah, pergeseran fragmen fraktur yang belum menetap, dan angulasi ulang yang terjadi pada dua minggu pertama pasca reposisi berdampak terhadap stabilitas fraktur yang memfasilitasi efektifitas proses modeling dan remodeling pada penyembuhan fraktur *greenstick* radius. Pada dua minggu pertama pasca reposisi, terkumpul hematoma dan terjadi proses inflamasi, serta awal pembentukan kalus yang tampak secara radiologis dan terdistribusi samabesar pada kedua kelompok intervensi untuk masa pengamatan yang berbeda. Sidroma kompartemen yang terdistribusi samabesar pada kedua kelompok tersebut, menunjukkan bahwa kedua alternatif metoda reposisi merupakan penatalaksanaan yang aman.

Pada kelompok reposisi tanpa over-koreksi proses angulasi ulang berdampak pada semakin banyak subyek dengan derajat angulasi  $>5^{\circ}$ . Pengalaman kejadian angulasi-ulang didalam gips sirkuler yang mengikuti proses reposisi tanpa over-koreksi dialami oleh Beekman (1941), Blount (1942), Charnley (1968), Hughston (1967), Mc. Laughlin (1959), Pollen (1973), Stuhmer (1980). Pada penelitian ini, insidensi angulasi ulang dapat dikendalikan dengan teknik over-koreksi (Schmittenbecher, 2005).

Berdasar teori piezo-elektrik, saat dilakukan over-koreksi terjadi pembebanan pada ujung kedua kortek yang semula berjauhan, sehingga merangsang proses remodeling dengan diawal osifikasi intra-embranus yang dimulai dengan loncatan ion negatif di sekitar pembebanan mekanik tersebut. Di tingkat seluler, terjadi proliferasi dan pengaktifan pre-osteoblas yang dilanjutkan

dengan mobilisasi osteoblast dari bawah periosteum dan endosteum dari segala penjuru tulang.

Muatan negatif di daerah kompresi akibat polarisasi benturan, menarik osteoblast untuk datang dan menebar jala kolagen yang selanjutnya diendapi kalsium dan fosfat membentuk matriks tulang baru. Proses deposisi tersebut dimulai dari penimbunan pada jejas pergerakan osteoklas. Proses maturasi osteoblast dalam perjalanan menuju tempat kompresi menghasilkan RANKL yang ditangkap oleh reseptor di monosit untuk memulai pembentukan osteoklas baru.

Osteosit di daerah mikro fraktur yang terjadi karena pembebanan, juga terlepas dari endapan matriks lama dan menjadi sumber osteoblast baru. Osteoklastogenesis dirangsang oleh awal beban mekanik dan mulai bekerja di sekitar area pembebanan mengawali proses resorpsi matriks yang diikuti oleh proses deposisi matriks tulang baru. Pada pengamatan minggu pertama sampai minggu ketiga, tampak pembentukan kalus yang makin meningkat pada pemeriksaan radiologis. Pada intervensi over-koreksi, durasi pembentukan kalus tersebut lebih awal dan lebih panjang daripada kelompok tanpa over-koreksi.

Setelah kalus yang terbentuk dapat menstabilkan fragmen fraktur pada minggu ketiga, proses modeling terjadi oleh osifikasi endokondral karena pembebanan pada kedua ujung tulang. Imobilisasi menggunakan gips sirkuler memfasilitasi proses modeling karena sendi siku yang bebas bergerak. Proses ini dapat ditingkatkan melalui latihan kontraksi iso-metrik dari otot-otot lengan bawah dan otot tangan dengan prinsip amplitud rendah, siklik dan kontinu. Makin jauh usia subyek dari usia penutupan garis pertumbuhan, makin besar potensi modeling yang terjadi oleh osifikasi endokondral.

Gerakan fleksi dan ekstensi sendi radio-karpal baru dimulai setelah gips dibuka pada minggu ke-enam pasca reposisi. Dengan pergerakan sendi radio-karpal dan rangsangan pembebanan pada epifise distal radius, terjadi proses normalisasi bagian distal fraktur mengikuti osifikasi endokondral dalam proses modeling bagian distal radius. Normalisasi yang terjadi termasuk gerakan memutar bagian distal radius dalam rotasi eksternal sehingga terjadi perbaikan posisi insersi otot-otot pada bagian distal tersebut. Pada penelitian ini, dua subyek mengalami residu angulasi  $15^{\circ}$  dengan keterbatasan derajat jangkauan gerak sendi

(ROM), pada minggu keenam menjadi membaik setelah 10 minggu pasca reposisi (tabel 5.13, hal 108)

Prosedur over-koreksi yang ditemukan lebih efektif tanpa over-koreksi dapat dijelaskan melalui konsep mekanotransduksi dan piezoelektrik. Kombinasi over-koreksi dengan penatalaksanaan imobilisasi gips sirkuler bawah-siku, juga terbukti memberikan hasil residu angulasi  $\leq 15^0$  yang dapat terkoreksi spontan oleh osifikasi endokondral dalam proses modeling dan remodeling. Kelompok Subyek yang tanpa perlakuan over-koreksi juga memperlihatkan hasil yang baik; hal tersebut membuktikan bahwa cara imobilisasi gips sirkuler di bawah siku dengan kombinasi latihan kontraksi isometrik pada minggu ketiga, v dapat memberikan hasil yang baik. Temuan ini apabila dibiarkan tanpa mempublikasikannya melalui jurnal lokal atau internasional, tanpa melakukan pelatihan-pelatihan atau program peningkatan kompetensi medis teknis bagi sejawat dokter di kabupaten; tidak akan membawa dampak pencegahan kecacatan bagi rakyat banyak, terutama di pedesaan di Indonesia. Diperlukan pengembangan sistem skoring penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius yang berguna untuk menseleksi kasus yang kemungkinan gagal terhadap terapi konservatif, agar dapat diberikan terapi operatif di rumah sakit kabupaten atau propinsi pada kesempatan pertama.

Ekspresi gen osteoblas dan osteoklas sel target pada konsep mekano transduksi akibat ligan dan arus cairan fluida dalam kanalikuli secara umum meliputi proliferasi, deferensiasi dan maturasi yang mengarah pada absorpsi matriks tulang lama dan deposisi matriks tulang baru. Pada penelitian ini, kedua proses tersebut tampak terjadi lebih efektif di sisi yang utuh kortek radius walaupun hanya terjadi dalam 24 jam setelah terjadi fraktur. Pada bagian korteks yang utuh terjadi konsolidasi lebih awal sehingga kualitas korteks lebih padat serta ketika reposisi dilakukan, memberi resistensi serta pasca reposisi berfungsi sebagai tension band hingga terjadi angulasi ulang. Semakin Makin lama pertolongan diberikan semakin kuat tarikan angulasi ulang yang terjadi, semakin banyak anak-anak yang mengalami mal-union fraktur radius. Untuk menghindari kecacatan yang terjadi akibat angulasi-ulang pada fraktur *greenstick*. Teknik reposisi over-koreksi ini perlu disebarluaskan keseluruh RSUD kabupaten di



Indonesia, untuk menghindarkan anak-anak kita terutama yang berada di pedesaan dari kecacatan.



## **BAB 7**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

7.1.1 Pengobatan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi terbukti memberikan hasil yang lebih baik untuk mengendalikan residu angulasi dibandingkan reposisi fraktur tanpa melakukan over-koreksi pada semua pengamatan.

7.1.2 Penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi saat reposisi dalam pembiusan, terbukti memproteksi terjadinya angulasi-ulang (*recurrent angulation*). Probabilitas kesintasan untuk tidak terjadi angulasi-ulang lebih besar pada kelompok over-koreksi dibanding tanpa over-koreksi.

7.1.3 Pergeseran fragmen fraktur terjadi pada kedua macam teknik reposisi. Pada awalnya lebih banyak dan lebih besar pergeseran dengan teknik over-koreksi namun proporsi pada kelompok over koreksi yang mengalami penurunan pergeseran fragmen fraktur mendekati normal lebih besar dibandingkan kelompok tanpa over koreksi. Penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi saat reposisi dalam pembiusan dapat mengontrol pergeseran fragmen fraktur selama masa pengobatan terutama pada minggu kedua hingga minggu kesepuluh

7.1.4 Penelitian ini tidak dapat membuktikan bahwa pengobatan fraktur *greenstick* radius dengan melakukan over-koreksi lebih baik dalam mengontrol risiko pengobatan dibandingkan reposisi fraktur tanpa melakukan over-koreksi.

#### **7.2 Saran**

7.2.1 Hasil residu angulasi pada teknik reposisi dengan over-koreksi terbukti lebih baik dibandingkan teknik reposisi tanpa over-koreksi Metode terapi ini disarankan untuk dapat dijadikan prosedur operasional standar penatalaksanaan fraktur *greenstick radius* terutama pada RSUD kabupaten di seluruh Indonesia.

7.2.2 Setelah ditetapkan pengobatan konservatif pada fraktur *greenstick* radius dengan melakukan reposisi yang diikuti teknik overkoreksi dan pemasangan gips bawah siku (*cast index*  $\leq 0,7$ ). Apabila kemudian terjadi dinamika angulasi

(pergeseran fragmen fraktur dan angulasi ulang); ahli bedah ortopedi sebaiknya tetap percaya diri dan tidak serta merta mengubah metodologi pengobatannya dengan prosedur operasi yang lebih memberatkan dari segi biaya pada pasien.

7.2.3 Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan sampel yang lebih besar untuk dapat menilai pengaruh risiko pengobatan terhadap hasil penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius

7.2.4 Untuk cakupan yang lebih luas dari penatalaksanaan fraktur *greenstick* radius, perlu direncanakan pendelegasian wewenang klinik penatalaksanaan kepada tingkat kompetensi yang lebih rendah.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abraham A, Handoll HHG, Khan T. Interventions for treating wrist fractures in children. *Cochrane Database Syst Rev* 2008;(2):CD004576.
- Al-Ansari Khalid, Howard A, Seeto B, Yoo S, Zaki S, Boutis K. Minimally angulated pediatric wrist fractures: is immobilization without manipulation enough? *Canadian Journal Emergencies Medicine*. 2007;9(1):9-15.
- Al-Aql ZS, Alagl AS, Graves DT, Gerstenfeld LC, Einhorn TA. Molecular mechanisms controlling bone formation during fracture healing and distractio osteogenesis. *Journal of Dent Res*. 2008;87(2):107-18
- Alemdaroglu KB, Iltar S, Cimen O, Uysal M, Alagoz E, Atlihan D. Risk factors in redisplacement of distal radial fractures in children. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90(6):1224-30.
- American Academy of Orthopaedic Surgeons Adoption., The Treatment of Distal Radius Fractures. Board of Director. 2009;208-20.
- Andreas Ziegler. Generalized Estimating Equations. *Lecture Notes in Statistics*. LÄubeck, April 2011
- Attia A. Bias in RCTS: confounders, selection bias and allocation concealment: evidence-based medicine corner. *Middle East Fertility Society Journal*. 2005;10(3):273-82.
- Bachman D, Santora S. Orthopedic trauma. In: Fleisher G, Ludwig S, Henretig FM, et al., editors. *Textbook of pediatric emergency medicine*. Philadelphia (PA): Lippincott Williams & Wilkins; 2000:1455-7.
- Bae D.S.& WatersPM. Pediatric distal radius fractures and triangular fibrocartilage complex injuries. *Hand Clin*. 2006;22:43-53.
- Bae DS. Pediatric distal radius and forearm fractures. *JHS*. 2008;33:132-42.

- Baitner Avi C., Andrew Perry, Francois D. Lalonde, Tracey P. Bastrom, Jeff Pawelek, Peter O. Newton. The healing forearm fracture: a matched comparison of forearm refractures. *Journal of Pediatric Orthopedic*. 2007;27:743–47.
- Bakody E. Orthopaedic plaster casting: nurse and patient education. *Nurs Stand*. 2009;23:49-56.
- Bao G, Kamm RD, Thomas W, Hwang W, Fletcher AD, Grodzinsky AJ. Molecular biomechanics: the molecular basis of how forces regulate cellular function. *Cellular and Molecular Bioengineering*. 2010;3(2):91–105.
- Bhatia M & Housden PH. Re-displacement of paediatric forearm fractures: role of plaster moulding and padding. *Injury*. 2006;37:259-68.
- Bochang C., Jie, YW. Zhigang, Weigl D., Bar-On E., and Katz K. Immobilisation of forearm fractures in children: extended versus flexed elbow. *J Bone Joint Surg Am*. 2005;87:994-6.
- Bohm ER, Bubbar V, Hing KH, Dzus A. Above and below-the-elbow plaster casts for distal forearm fractures in children. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88A(1):1-8.
- Bonewald L. Mechanosensation and transduction in osteocytes. *Bonekey Osteovision*. Available in PMC. 2007.
- Bonewald LF. Piezoelektrik effect and growth control in bone osteocytes and mechanotransduction. *Journal of Musculoskelet Neuronal Interact*. 2005;5(4):333-4.
- Boutron I, Moher D, Altman D, Schulz K, Ravaud P. Extending the CONSORT Statement to Randomized Trials of Nonpharmacologic Treatment: Explanation and Elaboration. *Annals of Internal Medicine, Academia and Clinic*. Ann Intern Med. 2008 Feb 19;148(4):295-309
- Boyer Bryan A., Brent Overton, William Schrader, Patrick Riley, Paul Fleissner. "Childhood fractures in Bergen, Norway: identifying

- high-risk groups and activities", *J PediatrOrthop*, 2003 vol. 23, no. 5, pp. 629-634
- Brendon Noble. Microdamage and apoptosis. *European Journal of Morphology*, February/April 2005; 42(1/2): 91 – 98.
- Carmichael KD, Westmoreland J. Effectiveness of ear protection in reducing anxiety during cast removal in children. *Am J Orthop* 2005;34:43-6
- Carson Sarah, Dale P. Woolridge, Jim Colletti, Kevin Kilgore. Pediatric upper extremity injuries. *Pediatric Clinics Of North America*. 2006:41-67.
- Charles TM, Enric JW. Injuries to the Shafts of the Radius, Rockwood and Wilkins, *Fractures in Children*. Lippincot Williams & Wilkins. 2006, 6<sup>th</sup> Edition; 400-38.
- Chen JH, Liu C, You L, Simmons CA, Chen JH. Boning upon Wolff's law: mechanical regulation of the cells that make and maintain bone. *Journal of Biomechanics*. 2010;43:108–18.
- Cherian PP, Cheng B, Gu S, Sprague E, Bonewaldi LF, Jiang JX. Effects of mechanical strain on the function of gap junctions in osteocytes are mediated through the prostaglandin ep<sub>2</sub> receptor. 2003;278(4):43146-56.
- Chess DG, Hyndman, Leahey, Brown, Sinclair. Short arm plaster cast for distal pediatric forearm fractures. *Journal of Pediatric Orthopedics*. 2004;14:211-3.
- Dahlan M.S., Langkah-langkah membuat PROPOSAL PENELITIAN Bidang Kedokteran dan Kesehatan, Sagung Seto, Jakarta, 2008.
- Dahlan MS., Penelitian Prognostik dan Sistem Skoring, Sagung Seto, Jakarta, 2011.
- Devakara R. Epari, William R. Taylor, Markus O. Heller, Georg N. Duda. "Association between bone density and fractures in children: a systematic review and meta-analysis", *Pediatrics*, 2006b vol. 117, no. 2, pp. e291-7
- Do, Twee T.; Strub, William M.; Foad, Susan L.; Mehlman, Charles T.; Crawford, Alvin H. Reduction versus remodeling in pediatric distal

- forearm fractures: a preliminary cost analysis. *J Pediatr Orthop.* 2003;12:109 -15.
- Elise F.Morgan, Ryan E. Gleason, BS., Lauren N. M. Hayward, BS., Pui L. Leong, BS., and Kristy T. Salisbury Palomares. *Mechanotransduction and Fracture Repair. J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(Suppl 1):25-30
- Ellis TJ & Levy Y. Framework of problem-based research: a guide for novice researchers on the development of a research-worthy problem. *The International Journal of an Emerging Transdiscipline.* 2008;11: 233-45.
- Gajdosik RL, Bohannon RW. Clinical measurement of range of motion. Review of goniometry emphasizing reliability and validity. *Phys Ther* 1987;67:1867-72.
- Giannoudis PV, Einhorn TA, Marsh D. Fracture healing: The diamond concept Injury, *Int. J. Care Injured.* 2007; 8S4: S3-S6
- Goulding, A., Jones, I.E., Williams, S.M., Grant, A.M., Taylor, R.W., Manning, P.J. & Langley, J. "First fracture is associated with increased risk of new fractures during growth", *J Pediatr*, 2005b vol. 146, no. 2, pp. 286-288
- Grobee DE & Hoes AW., *Clinical Epidemiology, Principle, Methods, And Applications For Clinical Research*, Jones and Bartlett Publishers, Boston, 2009.
- Gross TS, Srinivasan S, Liu CC, Clemens TL, Bain SD. Noninvasive loading of the murine tibia: an in vivo model for the study of mechanotransduction. *Journal of Bone and Mineral Research.* 2002;17:321-32
- Guoliang GU, Kurata K, Chen Z, Vaananen H. *Osteocyte: A cellular basis of Mechanotransduction in Bone.* University of Turku, Finland 2007; 2(4): 201-43.
- Hadjidakis, D.J. & Androulakis, I.I. "Bone Remodeling", *Ann NY AcadSci*, 2006 vol. 1092, no. 1, pp. 385-396

- Hagino, H., Yamamoto, K., Ohshiro, H. & Nose, T. "Increasing incidence of distal radius fractures in Japanese children and adolescents", *J OrthopSci*, 2000 vol. 5, no. 4, pp. 356-360
- Hakeda T. "Bone and body composition of children and adolescents with repeated forearm fractures", *J Bone Miner Res*, 2007a vol. 20, no. 12, pp. 2090-2096
- Han Yuefeng, Stephen C. Cowin, Mitchell B. Schaffler and Sheldon Weinbaum. Mechanotransduction and strain amplification in osteocyte cell processes. 2004;101(47):16689–94.
- Hanna I, van Donkelaar C, Huiskes R, Ito K. A mechano-regulatory bone-healing model incorporating cell-phenotype specific activity. *Journal of Theoretical Biology*. 2008;252:230–46.
- Hashmi I, Rafi M & Eazi S. Modified Kapandji wiring technique for unsatable fractures of distal end of radius. *Journal of Surgery Pakistan (Int)*. 2008;13(2):51-4.
- Hendroyono, R.Fx. Cell Biology of Bone Mechanotransduction, Modelling & Remodelling. Kuliah dan Pengarahan pada Bagian Pendidikan dan Latihan, RSUD Kota Bekasi, 2011
- Hendroyono, R.Fx. Konsep mekanotransduksi pada penyembuhan fraktur. Pertemuan ilmiah tahunan RSUD Kota Bekasi. 2008
- Hendroyono, R.Fx. Osteoklastogenesis. Seminar pada pembukaan Bekasi Joint and Spinal Center, 2011
- Hendroyono, R.Fx. Serial 120 kasus, Fraktur Greenstick Radius pada Anak, KOMDIS RSUD Kota Bekasi, 2009
- Hendroyono, R.Fx. The necessity of completing the fracture in treating radial greenstick fractures, a randomized clinical trial. PPDS and National Board PABOI Examination. 1990
- Hove, L.M. & Brudwick, C. Displaced paediatric fractures of the distal radius. *Arch orthop trauma surg*. 2008;128:55-60.
- Hulley SB, Cummings, Warren S Browner, Deborah G Grady, Thomas B Newman. Newman: Designing Clinical Research, Williams & Wilkins, London, 2007.



- Huurman, W.W. & Ginsburg, G.M. Musculoskeletal injury in children. *Pediatrics in Review*. 1997;18:429-40.
- Jaalouk DE. *Mechanotransduction gone awry*. Lammerding *Molecular cell Biology*. Macmillan Publishers Limited. 2009; volume 10: 63-7.
- Jan G. Hazenberg, Michael Freeley, Eilis Foran, Thomas C. Lee, David Taylor. Microdamage: A cell transducing mechanism based on ruptured osteocyte processes. *Journal of Biomechanics*. 2006;39:2096–103
- Jones, K. & Weiner, D.S. 1999, 'The Management Of Forearm Fractures In Children: A Plea For Conservatism', *Journal of Pediatric Orthopedics*. 1999;19:811-5.
- Kaewpornsawan, K. & Numkanisorn, S. Comparison between closed reduction with breaking and without breaking of the intact cortex of the greenstick metaphyseal radial fracture in children: a randomized controlled trial. *Journal Japan Pediatric Orthopaedic*. 2005;14(2):249-53.
- Khan KM., and Scott A. Mechanotherapy: how physical therapists prescription of exercise promotes tissue repair. *Br. J. Sports Med*. 2009;43:247-252
- Kim CH, You L, Clare E, Yellowley, Jacobs CR. Oscillatory fluid flow-induced shear stress decreases osteoclastogenesis through RANKL and OPG signaling. Elsevier Saunders. *Bone*. 2006;39:1043–7.
- Lee TC, Staines A, Taylor D. Bone adaptation to load: microdamage as a stimulus for bone remodelling. *J. Anat*. 2002;201:437–46.
- Lemaire V, Tobina FL, Grellera LD, Choa CR, Suvab L, Lemaire V. Modeling the interactions between osteoblast and osteoclast activities in bone remodeling. *Journal of Theoretical Biology*. 2004. 299;293–309.
- Lesaffre, E. Superiority, equivalence, and non-inferiority trials. *Bulletin of the NYU Hospital for Joint Disease*. 2008;66(2):150-4.
- Li Li., Allison R. Pettit, Laura S. Gregory, Mark R. Forwood., "Vigorous physical activity increases fracture risk in children irrespective of bone mass: a prospective study of the independent risk factors for

- fractures in healthy children", *J Bone Miner Res*, 2008 vol. 23, no. 7, pp. 1012-1022
- Liedert A, Kaspar D, Blakytyn R, Claes R, Ignatius A. Signal transduction pathways involved in mechanotransduction in bone cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2006;349:1–5.
- Luhmann SJ, Schootman M, Schoenecker PL, Dobbs MB, Gordon JE. Complications and outcomes of open pediatric forearm fractures. *Journal of Pediatric Orthopedic*. 2004;24:1– 6.
- Malviya A, Tsintzas D, Mahawa K, Bache C, Glithero P. Gap Index: A good predictor of failure of plaster cast in distal third radius fractures. *J Pediatr Orthop*. 2007;16: 48-52.
- Maruotti N, Grano M, Colucci S. Osteoclastogenesis and Arthritis. *J Bone Miner Res*, 2011 vol. 26, no. 9, pp. 2245-2251
- Mc Nutt L, Wu C, Xue X, Hafner J. Estimating the relative risk in cohort studies and clinical trials of common outcomes. *Am J Epidemiol*. 2003;157:940-3.
- Michael Jagodzinski, Christian Krettek. Effect of mechanical stability on fracture healing an update. *Injury, Int. J. Care Injured*. 2007;38:S3-S10
- Moher D, Hopewell S, Schulz KF, Montori V, Gøtzsche PC, Devereaux PJ, et al. Consolidated Standards of Reporting Trials Group. CONSORT 2010 Explanation and Elaboration: Updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *J Clin Epidemiol*. 2010.63(8):e1-37
- Moons K, Royston P, Vergouwe Y, Grobbee D, Altman D. Prognosis and prognostic research: what, why, and how? *BMJ*. 2009, 338:b375-9.
- Morgan EF, Gleason RE, Lauren N, Hayward M, Leong P, Palomares K. Mechanotransduction and fracture repair. *J Bone and Joint Surg*. 2008;90-A.Supp1:25-30.
- Nicolella DP, Donald E. Moravitsa, Galea AM, Bonewald LF, Lankford J. Osteocyte lacunae tissue strain in cortical bone. *A Journal of Biomechanics*. 2006;39:1735–43.

- Noonan, K.I. & Price, C.T. Forearm And Distal Radius Fractures In Children' ,  
Journal American Academy of Orthopaedic Surgery. 2007  
Physician.2009;79:16-22.
- Parfitt, A.M., Travers, R., Rauch, F. &Glorieux, F.H. "Structural and cellular  
changes during bone growth in healthy children", Bone, 2000 vol.  
27, no. 4, pp. 487-494
- Plint AC, Moher D, Morrison A, Schulz K, Altman DG, Hill C, et al. Doesthe  
CONSORT checklist improve the quality of reports of randomised  
controlled trials. A systematicreview. Med J Aust. 2006;185:263-7.
- Pocock, S.J. When (Not) to stop a Clinical Trial for Benefit. JAMA.  
2005;294(17): 312-9.
- Position of immobilization for pediatric forearm fractures. Journal of Pediatric  
Orthopedics. 2002;22:185-7.
- Profil Rumah Sakit Umum Daerah Kota Bekasi 2007.
- Profil Rumah Sakit Umum Daerah Kota Bekasi 2008.
- Rahnert J, Fan X, Case N, Murphy TC, Grassi F, Sen B et al. The role of nitric  
oxide in the mechanical repression of RANKL in bone stromal  
cells. Bone. 2008;43:48–54.
- Robert L. Jilka. Molecular and cellular mechanisms of the anabolic effect of  
intermittent PTH. Bone.2007;40:1434–46.
- Robling AG, Castillo AB, Turner CH. Biomechanical and Molecular Regulation  
of Bone Remodelling. Annu Rev Biomed Eng. 2006;8:455-98.
- Rockwood, C.A., Fractures in children, 3<sup>rd</sup>.ed., Lippincott, Philadelphia. 2006; vol  
III: 23-8.
- Rodeo S, Hidaka C &Maher S. What's new in orthopaedic research. Journal of  
Bone Joint Surg Am.2005; 87(10):2356-65.
- Rodriquez - Merchan, E.C. Pediatric fracture of the forearm. Clin Orthop Relat  
Res. 2005;432:65–72.
- Roger D, Kamm, Thomaas W, Hwang W, Fletcher DA, Alan J et al. The  
molecular basis of how forces regulate cellular function cellular

- and molecular bioengineering. *Molecular Biomechanics*. 2010;3(2):91–105.
- Rothman, K.J., Greenland, S., & Lash, T.L. 2008, *Modern Epidemiology*, 3<sup>rd</sup>.ed., Williams & Wilkins, London. 2008; vol 1: 14-17.
- Samuel T. Rhee, Loai El-Bassiony, Steven R. Buchman. Extracellular Signal-Related Kinase and Bone Morphogenetic Protein Expression during Distraction Osteogenesis of the Mandible: In Vivo Evidence of a Mechanotransduction Mechanism for Differentiation and Osteogenesis by Mesenchymal Precursor Cells. From the Section of Plastic Surgery, University of Michigan Medical Center. 2006
- Sandra J., Shefelbine, Peter Augat, Lutz Claes, Ulrich Simon. Trabecular bone fracture healing simulation with finite element analysis and fuzzy logic. *Journal of Biomechanics* 38 (2005) 2440–2450
- Schmitteneber, P.P. State-of-the-art treatment of forearm shaft fractures. *Injury*. 2005;36(1A):25–34.
- Schmitteneber, P.P., Complications and problems in intermedullary nailing of children's fractures. *Eur J Trauma*. 2000;26:287-93.
- Schultz, M. Randomisation with Concealment. *The Lancet handbook: 'The essential of clinical research'*, 2006; Schultz ed: pp 142-5.
- Schulz K, Altman D, Moher D. CONSORT 2010 Statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *Trials* 2010, 11:32doi:10.1186/1745-6215-11-32
- Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT 2010 Statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ* 2010;340:c332.
- Sharma Sushil M.S., Harish Dang M.S., Vivek Sharma M.S., Siddhartha Sharma.
- Shein-Chung, C. & Jen-Pei, L. *Design and Analysis of Clinical Trials: Concept and Methodologies*, John Wiley and Sons, Inc., New Jersey . 2004.
- Sudigdo, S. & Sofyan, I. *Dasar-dasar Metodologi Penelitian Klinis*, Sagung Seto, Jakarta, 2008

- Tachdjian's **Pediatric Orthopaedics**, W.B. Saunders, Philadelphia, 2008; VI: p.3184-3185
- Takayanagi H, Lorenzo J, Choi Y, & Horowitz M. The Adaptive Immune Response. *Osteoimmunology*. 1st Ed. Elsevier, USA. 2011; II: page 71-287
- Tandon T, Shaik M, Modi N. Paediatric trauma epidemiology in an urban scenario in India. *Journal of Orthopaedic Surgery*. 2007;15(1):41-5.
- Taylor AF, Saunders M, Shingle D, Cimbala J, Zhou Z, Donahue H. Mechanically stimulated osteocytes regulate osteoblastic activity via gap junctions. *Am J Physiol Cell Physiol*. 2007;292:C545-52.
- Teti A & Rucci N. The unexpected links between bone and the immune system. *Medicographia*. 2010;32(4): 234-5.
- Van Geenen RCI, Besselaar PP, Outcome after corrective osteotomy for malunited fractures of the forearm sustained in childhood. *Journal Bone Joint Surgery*. 2007;89B:236-9.
- Vorlat, P. & De Boeck, H. Bowing fractures of the forearm in children: a longterm follow up. *Clin Orthop Relat Res*. 2003;413:233-7.
- Wakefield, A.E. & McQueen, M.M. The role of physiotherapy and clinical predictors of outcome after fracture of the distal radius. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 2000;82B:972-6.
- Wan Park H., Ick Hwan Yang., Sun Young Joo., Kun Bo Park., Woo Kim. Refracture of the upper extremity in children. *Yonsei Medical Journal*. 2007; 48(2):255-60.
- Wang N, Tytell JD & Ingber DE. Mechanotransduction at a distance: mechanically coupling the extracellular matrix with the nucleus. *Molecular cell Biology*. 2009; 36(2):251-60.
- Waters PM. Distal radius and ulna fractures. In: Beaty JH, Kasser JR, editors. *Fractures in children*. Philadelphia (PA): Lippincott Williams & Wilkins; 2001.
- Webb, G.R., Galpin, R.D., & Armstrong, D.G. Comparison of short and long arm plaster casts for displaced fractures in the distal third of the

- forearm in children. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 2006;88A:9–17.
- Weinberg Annelie-Martina, Kasten P, Castellani C, Jablonski M, Hofmann U, Reilmann H. Which axial deviation results in limitations of pro- and supination following diaphyseal lower arm fractures in childhood?. *Eur J trauma*. 2001;27:309-16.
- Weinberg, AM., Janos P Ertl, MD; Chief Editor: Harris Gellman. Paediatric diaphyseal forearm refractures after greenstick fractures: operative management with esin. *Int. J. Care Injured*. 2009;40:414–7.
- Wilkins KE. Principles of fracture remodeling in children. *Injury*. 2005;36:A3-11.
- Wilkins, K.E. Changing patterns in the management of fractures in children. *Clin Orthop*. 1991;264:136-55.
- Winkler D.G., Sutherland MK, Geoghegan JC, Yu C, Hayes T, Skonier JE et al. Osteocyte control of bone formation via sclerostin, a novel BMP antagonist. *The EMBO Journal*. 2003;22(23):6267-76.
- Wittes, J. Sample size calculations for randomized controlled trials. *Epidemiologic Reviews*. 2002;24(1):43-7
- Wright J, Katz J, Losina E, *Clinical Trials in Orthopaedics Research. Part I. Cultural and Practical Barriers to Randomized Trials in Orthopaedics*. *J Bone Joint Surg Am*. 2011; vol 93:e15
- You L, Temiyasathit S, Lee P, Kim CH, Tummala P, Yao W et al. Osteocytes as mechanosensors in the inhibition of bone resorption due to mechanical loading. *Bone*. 2008;42:172–9.
- Young NL, Williams JI, Joshida KK, et al. Measurement properties of the Activities Scale for Kids. *J Clin Epidemiol* 2000;53:125-37.
- Yuan, Philip S., Pring, Maya E., Gaynor, Tracey P. Compartment syndrome following intramedullary fixation of pediatric forearm fractures. *Journal of Pediatric Orthopedic*. 2004;24(4):370-5.
- Zamzam, M.M & Khoshhal, K.I. displaced fracture of the distal radius in children: factors responsible for redisplacement after close reduction. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 2005;87:841-3.

- Zhang X, Schwarz EM, Young DA, Puzas JE, Rosier RN, Regis J. Cyclooxygenase-2 regulates mesenchymal cell differentiation into the osteoblast lineage and is critically involved in bone repair. *J. Clin. Invest.* 2002;109:1405–15.
- Zionts, L.E., Zalavras, C.G., & Gerhardt, M.B. Closed treatment of displaced diaphyseal both-bone forearm fractures in older children and adolescents. *Journal of Pediatric Orthopedics.* 2005;25(4):507-12.



## LAMPIRAN

### A. Perbandingan Data Dasar dari Pasien dengan Teknik Reposisi yang Berbeda

#### 1. Umur (tahun)

. ttest usia, by ( preok )

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
ya	46	10.06522	.4869328	3.302539	9.084484	11.04595
tidak	46	10.21739	.4923698	3.339415	9.225708	11.20908
combined	92	10.1413	.3444258	3.303616	9.457145	10.82546
diff		-.1521739	.6924822		-1.527911	1.223563

diff = mean(ya) - mean(tidak)      t = -0.2198  
 Ho: diff = 0      degrees of freedom = 90

Ha: diff < 0      Ha: diff != 0      Ha: diff > 0  
 Pr(T < t) = 0.4133      Pr(|T| > |t|) = 0.8266      Pr(T > t) = 0.5867

#### 2. Kelompok Umur

. tab kelumur perlakuan, chi2 col

kelompok umur	Over ya	Koreksi tidak	Total
< 5 tahun	3 6.52	4 8.70	7 7.61
5-10 tahun	18 39.13	16 34.78	34 36.96
>10 tahun	25 54.35	26 56.52	51 55.43
Total	46 100.00	46 100.00	92 100.00

Pearson chi2(2) = 0.2801      Pr = 0.869

#### 3. Jenis Kelamin

. tab jk perlakuan, chi2 col

jenis kelamin	Over ya	Koreksi tidak	Total
pria	41 89.13	35 76.09	76 82.61
wanita	5 10.87	11 23.91	16 17.39
Total	46 100.00	46 100.00	92 100.00

Pearson chi2(1) = 2.7237      Pr = 0.099



#### 4. Mekanisme Trauma

. tab angulasi perlakuan, chi2 col

angulasi	Over Koreksi		Total
	ya	tidak	
dorsal	37	37	74
	80.43	80.43	80.43
volar	9	9	18
	19.57	19.57	19.57
Total	46	46	92
	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(1) = 0.0000 Pr = 1.000

#### 5. Tipe Angulasi

. tab angulasi perlakuan, chi2 col

angulasi	Over Koreksi		Total
	ya	tidak	
dorsal	37	37	74
	80.43	80.43	80.43
volar	9	9	18
	19.57	19.57	19.57
Total	46	46	92
	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(1) = 0.0000 Pr = 1.000

#### 6. Rata-rata Jarak Fraktur dari Epifisis Distal

##### Jarak Fraktur dari Epifisis Distal

. ttest jarak, by ( over\_koreksi)

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
Ya	46	5.695652	.4481519	3.039514	4.793028	6.598277
Tidak	46	6.043478	.446085	3.025496	5.145017	6.94194
combined	92	5.869565	.3149475	3.02087	5.243961	6.49517
diff		-.3478261	.6323227		-1.604045	.9083933

diff = mean(Ya) - mean(Tidak)

t = -0.5501

Ho: diff = 0

degrees of freedom = 90

Ha: diff < 0

Ha: diff != 0

Ha: diff > 0

Pr(T < t) = 0.2918

Pr(|T| > |t|) = 0.5836

Pr(T > t) = 0.7082

### 7. Jarak Fraktur dari Epifisis Distal

. tab prejrk perlakuan, chi2 col

preposisi   jarak thdp   epifise	Over Koreksi		Total
	ya	tidak	
2 cm	13	10	23
	28.26	21.74	25.00
4 cm	8	9	17
	17.39	19.57	18.48
6 cm	7	8	15
	15.22	17.39	16.30
8 cm	9	9	18
	19.57	19.57	19.57
10 cm	9	9	18
	19.57	19.57	19.57
>10 cm	0	1	1
	0.00	2.17	1.09
Total	46	46	92
	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(5) = 1.5168 Pr = 0.911

### 8. Fraktur Ulna

. tab frakulnax perlakuan, chi2 col

Fraktur   Ulna sbg   penyerta	Over Koreksi		Total
	ya	tidak	
Tidak	33	31	64
	71.74	67.39	69.57
Ya	13	15	28
	28.26	32.61	30.43
Total	46	46	92
	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(1) = 0.2054 Pr = 0.650

### 9. Klinik

. tab klinik perlakuan, chi2 col

tempat asal   subyek dirujuk	Over Koreksi		Total
	ya	tidak	
igd rsud	17	12	29
	36.96	26.09	31.52
poli orthopedi	29	34	63
	63.04	73.91	68.48
Total	46	46	92

100.00 100.00 | 100.00  
 Pearson chi2(1) = 1.2589 Pr = 0.262

## B. Perbandingan Derajat Residu Angulasi Pasca Reposisi

### 1. Sesaat Pasca Reposisi

. tab perlakuan drapc, chi2 row

Over Koreksi	residu angulasi pasca		Total
	<=5 deraj	>5 deraj	
ya	44	2	46
	95.65	4.35	100.00
tidak	35	11	46
	76.09	23.91	100.00
Total	79	13	92
	85.87	14.13	100.00

Pearson chi2(1) = 7.2561 Pr = 0.007

### 2. 24 Jam Pasca Reposisi

. tab perlakuan dra24, chi2 row

Over Koreksi	dra24		Total
	1	2	
ya	44	2	46
	95.65	4.35	100.00
tidak	26	20	46
	56.52	43.48	100.00
Total	70	22	92
	76.09	23.91	100.00

Pearson chi2(1) = 19.3558 Pr = 0.000

### 3. 1 Minggu Pasca Reposisi

. tab perlakuan dral, chi2 row

Over Koreksi	residu angulasi 1 mgu		Total
	<=5 deraj	>5 deraj	
ya	42	4	46
	91.30	8.70	100.00
tidak	24	22	46
	52.17	47.83	100.00
Total	66	26	92
	71.74	28.26	100.00

Pearson chi2(1) = 17.3706 Pr = 0.000

#### 4. 2 Minggu Pasca Reposisi

. tab perlakuan dra2, chi2 row

	Over  residu angulasi 2 mgu Koreksi  <=5 derajat >5 derajat		Total
ya	44	2	46
	95.65	4.35	100.00
tidak	28	18	46
	60.87	39.13	100.00
Total	72	20	92
	78.26	21.74	100.00

Pearson chi2(1) = 16.3556 Pr = 0.000

#### 5. 3 Minggu Pasca Reposisi

. tab perlakuan dra3, chi2 row

	Over  residu angulasi 3 mgu Koreksi  <=5 derajat >5 derajat		Total
ya	44	2	46
	95.65	4.35	100.00
tidak	29	17	46
	63.04	36.96	100.00
Total	73	19	92
	79.35	20.65	100.00

Pearson chi2(1) = 14.9243 Pr = 0.000

#### 6. 4 Minggu Pasca Reposisi

. tab perlakuan dra4, chi2 row

	Over  residu angulasi 4 mgu Koreksi  <=5 derajat >5 derajat		Total
ya	44	2	46
	95.65	4.35	100.00
tidak	33	13	46
	71.74	28.26	100.00
Total	77	15	92
	83.70	16.30	100.00

Pearson chi2(1) = 9.6381 Pr = 0.002

### 7. 6 Minggu Pasca Reposisi

. tab perlakuan dra6, chi2 row

	Over Koreksi		Total
	<=5 derajat	>5 derajat	
ya	45	1	46
	97.83	2.17	100.00
tidak	35	11	46
	76.09	23.91	100.00
Total	80	12	92
	86.96	13.04	100.00

Pearson chi2(1) = 9.5833 Pr = 0.002

### 8. 10 Minggu Pasca Reposisi

. tab perlakuan dra10, chi2 row

	Over Koreksi		Total
	<=5 derajat	>5 derajat	
ya	46	0	46
	100.00	0.00	100.00
tidak	38	8	46
	82.61	17.39	100.00
Total	84	8	92
	91.30	8.70	100.00

Pearson chi2(1) = 8.7619 Pr = 0.003

## C. Perhitungan RR Derajat Residu Angulasi Pasca Reposisi

### 1. Sesaat Pasca Reposisi

. cs dra00pc perlakuan10

	Over Koreksi		Total
	Exposed	Unexposed	
Cases	2	11	13
Noncases	44	35	79
Total	46	46	92
Risk	.0434783	.2391304	.1413043
	Point estimate		[95% Conf. Interval]
Risk difference	-.1956522		-.3322809 -.0590235
Risk ratio	.1818182		.0426428 .7752275
Prev. frac. ex.	.8181818		.2247725 .9573572
Prev. frac. pop	.4090909		

chi2(1) = 7.26 Pr>chi2 = 0.0071

## 2. 24 Jam Pasca Reposisi

. cs dra0024 perlakuan10

	Over Koreksi		Total
	Exposed	Unexposed	
Cases	2	20	22
Noncases	44	26	70
Total	46	46	92
Risk	.0434783	.4347826	.2391304
	Point estimate		[95% Conf. Interval]
Risk difference	-.3913043		-.5462085 -.2364002
Risk ratio	.1		.0247855 .4034624
Prev. frac. ex.	.9		.5965376 .9752145
Prev. frac. pop	.45		
	chi2(1) =		19.36 Pr>chi2 = 0.0000

## 3. 1 Minggu Pasca Reposisi

. cs dra001 perlakuan10

	Over Koreksi		Total
	Exposed	Unexposed	
Cases	4	22	26
Noncases	42	24	66
Total	46	46	92
Risk	.0869565	.4782609	.2826087
	Point estimate		[95% Conf. Interval]
Risk difference	-.3913043		-.55704 -.2255687
Risk ratio	.1818182		.0679763 .4863142
Prev. frac. ex.	.8181818		.5136858 .9320237
Prev. frac. pop	.4090909		
	chi2(1) =		17.37 Pr>chi2 = 0.0000

## 4. 2 Minggu Pasca Reposisi

. cs dra002 perlakuan10

	Over Koreksi		Total
	Exposed	Unexposed	
Cases	2	18	20
Noncases	44	28	72
Total	46	46	92
Risk	.0434783	.3913043	.2173913
	Point estimate		[95% Conf. Interval]
Risk difference	-.3478261		-.5006785 -.1949737
Risk ratio	.1111111		.0273301 .4517246
Prev. frac. ex.	.8888889		.5482754 .9726699
Prev. frac. pop	.4444444		
	chi2(1) =		16.36 Pr>chi2 = 0.0001

### 5. 3 Minggu Pasca Reposisi

. cs dra003 perlakuan10

	Over Koreksi		Total
	Exposed	Unexposed	
Cases	2	17	19
Noncases	44	29	73
<b>Total</b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>92</b>
Risk	.0434783	.3695652	.2065217
	Point estimate		[95% Conf. Interval]
Risk difference	-.326087		-.4775126 -.1746613
Risk ratio	.1176471		.0288087 .4804385
Prev. frac. ex.	.8823529		.5195615 .9711913
Prev. frac. pop	.4411765		
	chi2(1) =		14.92 Pr>chi2 = 0.0001

### 6. 4 Minggu Pasca Reposisi

. cs dra004 perlakuan10

	Over Koreksi		Total
	Exposed	Unexposed	
Cases	2	13	15
Noncases	44	33	77
<b>Total</b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>92</b>
Risk	.0434783	.2826087	.1630435
	Point estimate		[95% Conf. Interval]
Risk difference	-.2391304		-.3819727 -.0962882
Risk ratio	.1538462		.0367614 .643845
Prev. frac. ex.	.8461538		.356155 .9632386
Prev. frac. pop	.4230769		
	chi2(1) =		9.64 Pr>chi2 = 0.0019

### 7. 6 Minggu Pasca Reposisi

. cs dra006 perlakuan10

	Over Koreksi		Total
	Exposed	Unexposed	
Cases	1	11	12
Noncases	45	35	80
<b>Total</b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>92</b>
Risk	.0217391	.2391304	.1304348
	Point estimate		[95% Conf. Interval]
Risk difference	-.2173913		-.3476617 -.087121
Risk ratio	.0909091		.0122307 .675712
Prev. frac. ex.	.9090909		.324288 .9877693
Prev. frac. pop	.4545455		
	chi2(1) =		9.58 Pr>chi2 = 0.0020

### 8. 10 Minggu Pasca Reposisi

. cs dra0x10 perlakuan10

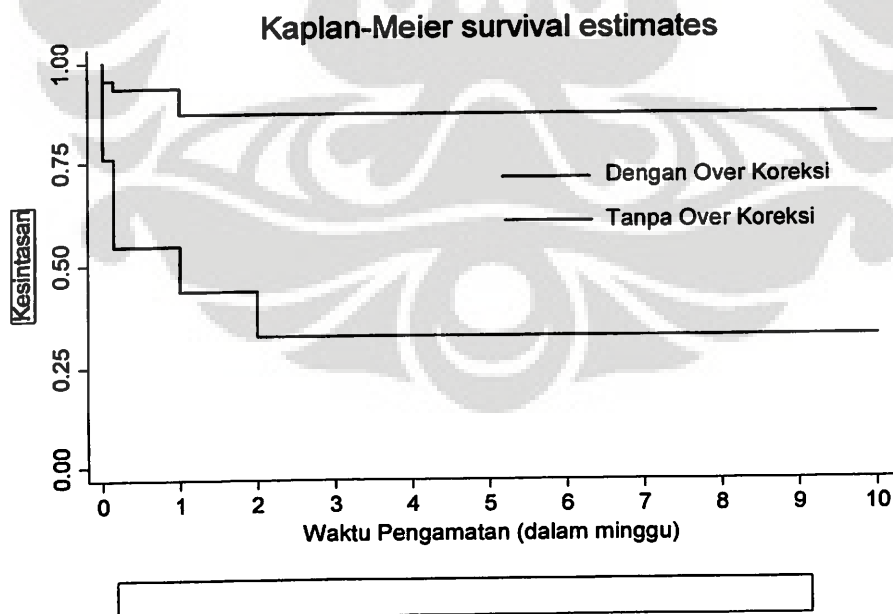
	Over Koreksi		Total
	Exposed	Unexposed	
Cases	0	8	8
Noncases	46	38	84
Total	46	46	92
Risk	0	.173913	.0869565
	Point estimate		[95% Conf. Interval]
Risk difference	-.173913		-.2834468    -.0643792
Risk ratio	0		.
Prev. frac. ex.	1		.
Prev. frac. pop	.5		.
	chi2(1) =		8.76    Pr>chi2 = 0.0031

### D. Analisis Recurrent Angulation (Angulasi-Ulang)

**Grafik Uji Kaplan-Meier : Probabilitas Kesintasan (survival) 10 Minggu Penderita Fraktur Greenstick Radius di RSUD Kota Bekasi berdasarkan Pemberian Perlakuan Over Koreksi**

. sts graph, by()

failure\_d: event  
analysis time \_t: waktun





**Kesintasan (survival) Recurrent Angulation 10 Minggu Penderita Fraktur Greenstick Radius di RSUD Kota Bekasi**

. sts list, by(over\_koreksi)

failure\_d: event  
analysis time\_t: waktun

Time	Beg. Total	Fail	Net Lost	Survivor Function	Std. Error	[95% Conf. Int.]	
-----							
Ya							
.042	46	2	0	0.9565	0.0301	0.8371	0.9889
1	44	1	0	0.9348	0.0364	0.8113	0.9785
7	43	3	0	0.8696	0.0497	0.7325	0.9392
70	40	0	40	0.8696	0.0497	0.7325	0.9392
Tidak							
.042	46	11	0	0.7609	0.0629	0.6099	0.8598
1	35	10	0	0.5435	0.0734	0.3901	0.6737
7	25	5	0	0.4348	0.0731	0.2902	0.5708
14	20	5	0	0.3261	0.0691	0.1972	0.4614
70	15	0	15	0.3261	0.0691	0.1972	0.4614

. sts test preok, wilcoxon  
failure\_d: event  
analysis time\_t: waktun

Wilcoxon (Breslow) test for equality of survivor functions

preok	Events observed	Events expected	Sum of ranks
ya	6	21.02	-1159
tidak	31	15.98	1159
Total	37	37.00	0

chi2(1) = 26.82  
Pr>chi2 = 0.0000

. stir over\_koreksi  
failure\_d: event  
analysis time\_t: waktun  
note: Exposed <-> over\_koreksi==1 and Unexposed <-> over\_koreksi==0

	Exposed	Unexposed	Total
Failure	6	31	37
Time	2822.084	1165.462	3987.546
Incidence rate	.0021261	.0265989	.0092789
	Point estimate		[95% Conf. Interval]
Inc. rate diff.	-.0244728		-.0339894 - .0149562
Inc. rate ratio	.0799315		.0272623 .1944656
(exact)	.9200685		.8055344 .9727377
Prev. frac. ex.	.651155		
(exact)			
(midp)	Pr(k<=6) =		0.0000
(exact)			
(midp)	2*Pr(k<=6) =		0.0000
(exact)			

## E. Perbandingan Pergeseran Fragmen Fraktur Pasca Reposisi

### 1. Sesaat Pasca Reposisi

. tab perlakuan tgpc, chi2 row

	Over  tk pgesern frag frak pasca		
Koreksi	<25%	25-50%	Total
ya	25	21	46
	54.35	45.65	100.00
tidak	41	5	46
	89.13	10.87	100.00
Total	66	26	92
	71.74	28.26	100.00

Pearson chi2(1) = 13.7249 Pr = 0.000

### 2. 24 Jam Pasca Reposisi

. tab perlakuan tg24, chi2 row

	Over		tg24	
Koreksi	1	2	Total	
ya	31	15	46	
	67.39	32.61	100.00	
tidak	41	5	46	
	89.13	10.87	100.00	
Total	72	20	92	
	78.26	21.74	100.00	

Pearson chi2(1) = 6.3889 Pr = 0.011

### 3. 1 Minggu Pasca Reposisi

. tab perlakuan tgl, chi2 row

	Over  tk pgesern frag frak lmg		
Koreksi	<25%	25-50%	Total
ya	32	14	46
	69.57	30.43	100.00
tidak	44	2	46
	95.65	4.35	100.00
Total	76	16	92
	82.61	17.39	100.00

Pearson chi2(1) = 10.8947 Pr = 0.001

#### 4. 2 Minggu Pasca Reposisi

. tab perlakuan tg2, chi2 row

	Over  tk pgesern frag frak 2mgu		Total
Koreksi	<25%	25-50%	
ya	42	4	46
	91.30	8.70	100.00
tidak	45	1	46
	97.83	2.17	100.00
Total	87	5	92
	94.57	5.43	100.00
Pearson chi2(1) = 1.9034 Pr = 0.168			

#### 5. 3-10 Minggu Pasca Reposisi

. tab perlakuan tg3, chi2 row

	Over  tk pgesern frag frak 3mgu		Total
Koreksi	<25%	25-50%	
ya	43	3	46
	93.48	6.52	100.00
tidak	45	1	46
	97.83	2.17	100.00
Total	88	4	92
	95.65	4.35	100.00
Pearson chi2(1) = 1.0455 Pr = 0.307			

### F. Perhitungan RR Pergeseran Fragmen Fraktur Pasca Reposisi

#### 1. Sesaat Pasca Reposisi

. cs tg00pc perlakuan10

	Over Koreksi		Total
	Exposed	Unexposed	
Cases	21	5	26
Noncases	25	41	66
Total	46	46	92
Risk	.4565217	.1086957	.2826087
	Point estimate		[95% Conf. Interval]
Risk difference	.3478261		.1780906 .5175616
Risk ratio	4.2		1.732447 10.18213
Attr. frac. ex.	.7619048		.4227817 .9017887
Attr. frac. pop	.6153846		
chi2(1) = 13.72 Pr>chi2 = 0.0002			

## 2.24 Jam Pasca Reposisi

. cs tg0024 perlakuan10

	Over Koreksi		Total
	Exposed	Unexposed	
Cases	15	5	20
Noncases	31	41	72
Total	46	46	92
Risk	.326087	.1086957	.2173913
	Point estimate		[95% Conf. Interval]
Risk difference	.2173913		.0547807 .3800019
Risk ratio	3		1.188474 7.572737
Attr. frac. ex.	.6666667		.1585848 .8679473
Attr. frac. pop	.5		

chi2(1) = 6.39 Pr>chi2 = 0.0115

## 3.1 Minggu Pasca Reposisi

. cs tg001 perlakuan10

	Over Koreksi		Total
	Exposed	Unexposed	
Cases	14	2	16
Noncases	32	44	76
Total	46	46	92
Risk	.3043478	.0434783	.173913
	Point estimate		[95% Conf. Interval]
Risk difference	.2608696		.1154263 .4063129
Risk ratio	7		1.685052 29.07922
Attr. frac. ex.	.8571429		.4065466 .9656112
Attr. frac. pop	.75		

chi2(1) = 10.89 Pr>chi2 = 0.0010

## 4.2 Minggu Pasca Reposisi

. cs tg002 perlakuan10

	Over Koreksi		Total
	Exposed	Unexposed	
Cases	4	1	5
Noncases	42	45	87
Total	46	46	92
Risk	.0869565	.0217391	.0543478
	Point estimate		[95% Conf. Interval]
Risk difference	.0652174		-.0264682 .156903
Risk ratio	4		.4646062 34.43776
Attr. frac. ex.	.75		-1.15236 .9709621
Attr. frac. pop	.6		

chi2(1) = 1.90 Pr>chi2 = 0.1677

### 5. 3-10 Minggu Pasca Reposisi

. cs tg003 perlakuan10

	Over Koreksi		Total
	Exposed	Unexposed	
Cases	3	1	4
Noncases	43	45	88
Total	46	46	92
Risk	.0652174	.0217391	.0434783
	Point estimate		[95% Conf. Interval]
Risk difference	.0434783		-.0393896 .1263461
Risk ratio	3		.3238892 27.78728
Attr. frac. ex.	.6666667		-2.087476 .9640123
Attr. frac. pop	.5		

chi2(1) = 1.05 Pr>chi2 = 0.3066

## H. Risiko Pengobatan

### ROM (sesaat pasca reposisi)

. tab pcrrom over\_koreksi, chi2 row

pasca.rom sendi	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
penuhi	45	46	91
	49.45	50.55	100.00
terbatas	1	0	1
	100.00	0.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

Pearson chi2(1) = 1.0110 Pr = 0.315

### ROM (24 jam pasca reposisi)

. tab rom24 over\_koreksi, chi2 row

24jam.rom	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
penuhi	46	45	91
	50.55	49.45	100.00
terbatas	0	1	1
	0.00	100.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

Pearson chi2(1) = 1.0110 Pr = 0.315

**ROM (1 minggu pasca reposisi)**

. tab rom1 over\_koreksi, chi2 row

1mgu.rom	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
penuh	46	46	92
	50.00	50.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

**ROM (2 minggu pasca reposisi)**

. tab rom2 over\_koreksi, chi2 row

2mgu.rom	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
penuh	46	46	92
	50.00	50.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

**ROM (3 minggu pasca reposisi)**

. tab rom3 over\_koreksi, chi2 row

3mgu.rom	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
penuh	46	46	92
	50.00	50.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

**ROM (4 minggu pasca reposisi)**

. tab rom4 over\_koreksi, chi2 row

4mgu.rom	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
penuh	46	46	92
	50.00	50.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

**ROM (6 minggu pasca reposisi)**

. tab rom6 over\_koreksi, chi2 row

6mgu.rom	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
penuh	46	46	92
	50.00	50.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

**ROM (10 minggu pasca reposisi)**

. tab rom6 over\_koreksi, chi2 row

6mgu.rom	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
penuh	46	46	92
	50.00	50.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

**Bengkak pada jari (sesaat pasca reposisi)**

. tab pcbgak over\_koreksi, chi2 row

pasca.beng kak jari	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
tidak	45	42	87
	51.72	48.28	100.00
ya	1	4	5
	20.00	80.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

Pearson chi2(1) = 1.9034 Pr = 0.168

**Bengkak pada jari (24 jam pasca reposisi)**

. tab bgkak24 over\_koreksi, chi2 row

24jam.beng kak jari	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
tidak	44	40	84
	52.38	47.62	100.00
ya	2	6	8
	25.00	75.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

Pearson chi2(1) = 2.1905 Pr = 0.139

**Bengkak pada jari (1 minggu pasca reposisi)**

. tab bengkak1 over\_koreksi, chi2 row

1mgu.bengk ak jari	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
tidak	44	42	86
	51.16	48.84	100.00
ya	2	4	6
	33.33	66.67	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

Pearson chi2(1) = 0.7132 Pr = 0.398

**Bengkak pada jari (2 minggu pasca reposisi)**

. tab bengkak2 over\_koreksi, chi2 row

2mgu.bengkak jari	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
tidak	45	42	87
	51.72	48.28	100.00
ya	1	4	5
	20.00	80.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

Pearson chi2(1) = 1.9034 Pr = 0.168

**Bengkak pada jari (3 minggu pasca reposisi)**

. tab bengkak3 over\_koreksi, chi2 row

3mgu.bengkak jari	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
tidak	45	46	91
	49.45	50.55	100.00
ya	1	0	1
	100.00	0.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

Pearson chi2(1) = 1.0110 Pr = 0.315

**Bengkak pada jari (4 minggu pasca reposisi)**

. tab bengkak4 over\_koreksi, chi2 row

4mgu.bengkak jari	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
tidak	46	46	92
	50.00	50.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

**Bengkak pada jari (6 minggu pasca reposisi)**

. tab bengkak6 over\_koreksi, chi2 row

6mgu.bengkak jari	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
tidak	46	46	92
	50.00	50.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

**Bengkak pada jari (10 minggu pasca reposisi)**

. tab bgkak10 over\_koreksi, chi2 row

10mgu.bengkak jari	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
tidak	46	46	92
	50.00	50.00	100.00



```
-----+-----+-----
      Total |      46      46 |      92
            |      50.00    50.00 |     100.00
```

**NVD (sesaat pasca reposisi)**

```
. tab pcnvd over_koreksi, chi2 row
```

```
-----+-----+-----
      pasca.nvd |      Over Koreksi
                |      Ya      Tidak |      Total
-----+-----+-----
normal |      46      46 |      92
            |      50.00    50.00 |     100.00
```

```
-----+-----+-----
      Total |      46      46 |      92
            |      50.00    50.00 |     100.00
```

**NVD (24 jam pasca reposisi)**

```
. tab nvd24 over_koreksi, chi2 row
```

```
-----+-----+-----
      24jam.nvd |      Over Koreksi
                |      Ya      Tidak |      Total
-----+-----+-----
normal |      46      45 |      91
            |      50.55    49.45 |     100.00
```

```
-----+-----+-----
terganggu |      0      1 |      1
            |      0.00    100.00 |     100.00
```

```
-----+-----+-----
      Total |      46      46 |      92
            |      50.00    50.00 |     100.00
```

```
Pearson chi2(1) = 1.0110 Pr = 0.315
```

**NVD (1 minggu pasca reposisi)**

```
. tab nvd1 over_koreksi, chi2 row
```

```
-----+-----+-----
      1mgu.nvd |      Over Koreksi
                |      Ya      Tidak |      Total
-----+-----+-----
normal |      46      46 |      92
            |      50.00    50.00 |     100.00
```

```
-----+-----+-----
      Total |      46      46 |      92
            |      50.00    50.00 |     100.00
```

**NVD (2 minggu pasca reposisi)**

```
. tab nvd2 over_koreksi, chi2 row
```

```
-----+-----+-----
      2mgu.nvd |      Over Koreksi
                |      Ya      Tidak |      Total
-----+-----+-----
normal |      46      46 |      92
            |      50.00    50.00 |     100.00
```

```
-----+-----+-----
      Total |      46      46 |      92
            |      50.00    50.00 |     100.00
```

**Sindrom Kompartemen (24 jam pasca reposisi)**

```
. tab skomp24 over_koreksi, chi2 row
```

```
-----+-----+-----
24jam.sind |      Over Koreksi
komparteme |      Ya      Tidak |      Total
n |
-----+-----+-----
tidak |      45      45 |      90
            |      50.00    50.00 |     100.00
-----+-----+-----
ya |      1      1 |      2
            |      50.00    50.00 |     100.00
-----+-----+-----
      Total |      46      46 |      92
```

```

      |      50.00      50.00 |      100.00
Pearson chi2(1) = 0.0000 Pr = 1.000

```

### Sindrom Kompartemen (1 minggu pasca reposisi)

```

. tab skomp1 over_koreksi, chi2 row
lmgu.sind |
komparteme |      Over Koreksi
n |      Ya      Tidak |      Total
-----+-----+-----
tidak |      46      46 |      92
      |      50.00     50.00 |     100.00
-----+-----+-----
      Total |      46      46 |      92
      |      50.00     50.00 |     100.00

```

### Sindrom Kompartemen (2 minggu pasca reposisi)

```

. tab skomp2 over_koreksi, chi2 row
2mgu.sind |
komparteme |      Over Koreksi
n |      Ya      Tidak |      Total
-----+-----+-----
tidak |      46      46 |      92
      |      50.00     50.00 |     100.00
-----+-----+-----
      Total |      46      46 |      92
      |      50.00     50.00 |     100.00

```

### Callus formation (1 minggu pasca reposisi)

```

. tab kalus1 over_koreksi, chi2 row
lmgu.kalus |
formation |      Over Koreksi
n |      Ya      Tidak |      Total
-----+-----+-----
ya |      33      33 |      66
   |      50.00     50.00 |     100.00
-----+-----+-----
tidak |      13      13 |      26
   |      50.00     50.00 |     100.00
-----+-----+-----
      Total |      46      46 |      92
      |      50.00     50.00 |     100.00

```

```

Pearson chi2(1) = 0.0000 Pr = 1.000

```

### Callus formation (2 minggu pasca reposisi)

```

. tab kalus2 over_koreksi, chi2 row
2mgu.kalus |
formation |      Over Koreksi
n |      Ya      Tidak |      Total
-----+-----+-----
ya |      45      42 |      87
   |      51.72     48.28 |     100.00
-----+-----+-----
tidak |      1       4 |      5
   |      20.00     80.00 |     100.00
-----+-----+-----
      Total |      46      46 |      92
      |      50.00     50.00 |     100.00

```

```

Pearson chi2(1) = 1.9034 Pr = 0.168

```

**Callus formation (3 minggu pasca reposisi)**

. tab kalus3 over\_koreksi, chi2 row

3mgu.kalus formation	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
ya	46	44	90
	51.11	48.89	100.00
tidak	0	2	2
	0.00	100.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

Pearson chi2(1) = 2.0444 Pr = 0.153

**Callus formation (4 minggu pasca reposisi)**

. tab kalus4 over\_koreksi, chi2 row

4mgu.kalus formation	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
ya	46	46	92
	50.00	50.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

**Callus formation (6 minggu pasca reposisi)**

. tab kalus6 over\_koreksi, chi2 row

6mgu.kalus formation	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
ya	46	46	92
	50.00	50.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

**Gips Longgar (2 minggu pasca reposisi)**

. tab gips2 over\_koreksi, chi2 row

2mgu.gips longgar	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
tidak	46	46	92
	50.00	50.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

**Gips Longgar (3 minggu pasca reposisi)**

. tab gips3 over\_koreksi, chi2 row

3mgu.gips longgar	Over Koreksi		Total
	Ya	Tidak	
tidak	46	46	92
	50.00	50.00	100.00
Total	46	46	92
	50.00	50.00	100.00

## PROSEDUR OVER-KOREKSI PADA PENATALAKSANAAN FRAKTUR *GREENSTICK* RADIUS

### I. PERSIAPAN

1. Pasien berbaring terlentang di meja operasi dalam pembiusan (general anaesthesia atau brachial block analgesia)
2. Lengan dicuci dengan sabun dan antiseptic
3. Dilakukan penilaian tentang arah angulasi, dan kemungkinan rotasi pada daerah distal fraktur dengan acuan gambar radiologis (foto rontgen)

### II. PELAKSANAAN

1. Dilakukan traksi pada kedua ujung lengan bawah agar otot – otot lengan bawah dapat memberikan stabilitas pada fragmen fraktur
2. Traksi dipertahankan, sementara itu dilakukan reposisi dari fraktur radius dengan menekan kedua ibu jari pada sudut angulasi ke arah yang berlawanan dengan angulasinya secara perlahan
3. Setelah tercapai kesegaran kedua fragmen fraktur dengan memanfaatkan ketebalan periosteum dilakukan hentakan over-koreksi sehingga fraktur *greenstick* menjadi fraktur dua kortek
4. Memastikan tidak ada sisa kortek yang masih berhubungan
5. Traksi tetap dipertahankan, sementara itu *padding* dan *gips* sirkuler dipasang sampai pada dua lapis pertama
6. Memastikan cast indeks  $\leq 0,7$  sampai *gips* kering
7. Melanjutkan putaran *gips* sirkuler secukupnya, sambil menjaga cast index  $\leq 0,7$

### III. PENYELESAIAN

1. Lengan dibersihkan dari sisa gips
2. Setelah pasien sadar lengan dimasukkan ke dalam arm sling
3. Dilakukan pencitraan radiologis (foto rontgen) pasca reposisi





