

TESIS

**KORELASI STERNAL GAP PASCA STERNOTOMI YANG DIUKUR
MENGUNAKAN ULTRASONOGRAFI DENGAN STERNAL
INSTABILITY SCALE (SIS) DAN DERAJAT NYERI BERDASARKAN
NUMERICAL RATING SCALE (NRS)**

**CORRELATION OF POST-STERNOTOMY STERNAL GAP MEASURED
USING ULTRASONOGRAPHY WITH STERNAL INSTABILITY
SCALE (SIS) AND PAIN DEGREE BASED ON
NUMERICAL RATING SCALE (NRS)**

ANDI HELGASARI NURLAN



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp-1)
PROGRAM STUDI ILMU RADIOLOGI
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**KORELASI STERNAL GAP PASCA STERNOTOMI YANG DIUKUR
MENGUNAKAN ULTRASONOGRAFI DENGAN STERNAL
INSTABILITY SCALE (SIS) DAN DERAJAT NYERI BERDASARKAN
NUMERICAL RATING SCALE (NRS)**

Karya Akhir

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Dokter Spesialis-1

Program Studi Ilmu Radiologi

Disusun dan Diajukan Oleh

ANDI HELGASARI NURLAN

Kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS -1 (Sp.1)
PROGRAM STUDI ILMU RADIOLOGI
FAKULAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**KORELASI STERNAL GAP PASCA STERNOTOMI YANG DIUKUR
MENGUNAKAN ULTRASONOGRAFI DENGAN STERNAL INSTABILITY
SCALE (SIS) DAN DERAJAT NYERI BERDASARKAN
NUMERICAL RATING SCALE (NRS)**

Disusun dan diajukan oleh :

ANDI HELGASARI NURLAN

Nomor Pokok C125182007

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Pendidikan Dokter Spesialis Program Studi Pendidikan Radiologi
Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin


Pada tanggal 12 Oktober 2022


dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Prof. Dr. dr. Muhammad Ilyas, Sp.Rad (K)
NIP. 195201121983121001


dr. Sri Asriyani, Sp.Rad (K), M.Med.Ed
NIP. 197212232002122001

Ketua Program Studi

Dekan Fakultas Kedokteran


Dr. dr. Mirna Muis, Sp.Rad (K)
NIP. 197209082002122002


Prof. Dr. dr. Haerani Rasyid, M.Kes, SpPD-KGH, Sp.GK
NIP. 196805301996032001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : dr. Andi Helgasari Nurlan
NIM : C125182007
Program Studi : Ilmu Radiologi
Jenjang : S2/PPDS-1

Menyatakan dengan ini bahwa tesis dengan judul “ KORELASI STERNAL GAP PASCA STERNOTOMI YANG DIUKUR MENGGUNAKAN ULTRASONOGRAFI DENGAN STERNAL INSTABILITY SCALE (SIS) DAN DERAJAT NYERI BERDASARKAN NUMERICAL RATING SCALE (NRS)” adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila di kemudian hari, karya saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi

Makassar, November 2022



Yang Menyatakan

dr. Andi Helgasari Nurlan

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkah, rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan karya akhir ini yang berjudul **“KORELASI STERNAL GAP PASCA STERNOTOMI YANG DIUKUR MENGGUNAKAN ULTRASONOGRAFI DENGAN STERNAL INSTABILITY SCALE (SIS) DAN DERAJAT NYERI BERDASARKAN NUMERICAL RATING SCALE (NRS)”**. Karya akhir ini disusun sebagai tugas akhir dalam Program Studi Dokter Spesialis -1 (Sp-1) Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Saya menyadari bahwa penyusunan karya akhir ini masih sangat jauh dari sempurna, sehingga dengan segala kerendahan hati, saya mengharapkan kritik, dan saran dari semua pihak. Banyak kendala yang dihadapi dalam rangka penyusunan karya akhir ini, namun berkat bantuan semua pihak, maka karya akhir ini dapat juga selesai pada waktunya.

Pada kesempatan ini pula saya ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. dr. Muhammad Ilyas, Sp.Rad (K) selaku Ketua Komisi Penasehat
2. dr. Sri Asriyani, Sp.Rad (K), M.Med.Ed selaku Sekertaris Komisi Penasehat
3. Dr. dr. Andi Alfian Zainuddin, M.KM selaku Anggota Komisi Penasehat
4. dr. Melda Warliani, Sp. KFR (K) selaku Anggota Komisi Penasehat
5. dr. Junus Baan, Sp.Rad (K) selaku Anggota Komisi Penasehat

Atas segala arahan, bimbingan, dan bantuan yang telah diberikan mulai dari pengembangan minat terhadap permasalahan, pelaksanaan selama penelitian, hingga penyusunan dan penulisan sampai dengan selesainya karya akhir ini. Serta ucapan terima kasih atas segala arahan, nasehat, dan bimbingan yang telah diberikan selama saya menjalani pendidikan di Departemen Radiologi FK Unhas ini.

Pada kesempatan ini pula saya ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan saya kepada :

1. Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Ketua TKP-PPDS FK UNHAS, Ketua Konsentrasi PPDS Terpadu FK

UNHAS dan Direktur Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengikuti Program Pendidikan Dokter Spesialis Terpadu di Bagian Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Makasar.

2. dr. Sri Asriyani, Sp.Rad (K), M.Med.Ed selaku Kepala Bagian Departemen Radiologi Universitas Hasanuddin, Dr. dr. Mirna Muis, Sp.Rad (K) selaku Ketua Program Studi Ilmu Radiologi Universitas Hasanuddin dan Kepala Instalasi RSPTN Universitas Hasanuddin, dr. Eny Sanre, Sp.Rad (K) selaku Kepala Instalasi Radiologi RS. Dr.Wahidin Sudirohusodo, Prof. Dr.dr. Bachtiar Murtala, Sp.Rad. (K), dr. Nurlaily Idris, Sp.Rad (K), dr. Luthfy Attamimi, Sp.Rad, dr. Nikmatia Latief, Sp.Rad (K), dr. Dario Nelwan, Sp.Rad (K), dr. Rosdiana,M.Kes, Sp.Rad, dr. Rafika Rauf, Sp.Rad (K), dr. Sri Muliati, Sp.Rad,Dr. dr. Shofiyah Latief, Sp.Rad (K), dr. Erlin Sjahril, Sp.Rad (K), dr. Suciati Damopolii, Sp.Rad (K), M.Kes, dr. St. Nasrah Aziz, Sp.Rad, dr. Isdiana Kaelan, Sp.Rad, dr. Arfiana Besse, Sp.Rad, dr. M. Abduh,Sp.Rad, dr. Taufiqquhidayat, Sp.Rad, dr. Zatriani, Sp.Rad, dr. Alia Amalia, Sp.Rad, dan dr. Nur Amelia Bachtiar, MPH, Sp.Rad, serta seluruh pembimbing dan dosen luar biasa dalam lingkup Bagian Radiologi FK-UNHAS atas arahan dan bimbingan selama saya menjalani pendidikan.

3. Direksi beserta seluruh staf RS Dr. Wahidin Sudirohusodo Makasar dan RSUPTN Makasar atas kesempatan yang diberikan kepada kami dalam menjalani pendidikan di rumah sakit ini.

4. Para staf Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, stafAdministrasi Bagian Radiologi FK UNHAS, dan Radiografer Bagian Radiologi RS dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dan RSPTN Universitas Hasanuddin Makassar atas bantuan dan kerjasamanya.

5. Suami saya dr.Jayarasti Kusumanegara, Sp.BTKV (K), anak-anak saya Mifzal Awra Jayarasti, Filza Anindya Jayarasti dan Khaira Aisyah Jayarasti atas segala cinta, pengorbanan, pengertian, dorongan semangat, serta doa tulus yangselama ini telah mengiringi perjalanan saya dalam menjalani pendidikan.

6. Kedua orang tua saya Drs. Andi Nurlan Baslan, MM dan Sainur, serta mertua saya Dr. dr. Rasyidin Abdullah (alm) serta saudara saya yang dengan tulus ikhlas

dan penuh kasih sayang memberikan semangat, doa dan dukungan moril maupun materil.

7. Senior terbaik terkhusus dr.Wahyu Puspita Irjayanti, dr.Rufik, dr.Reza, dan dr.Alex yang banyak membantu dan memberikan inspirasi dalam penyelesaian karya akhir ini. Teman PPDS angkatan Januari 2019 serta seluruh teman PPDS Radiologi lainnya yang telah banyak memberikan bantuan materi, motivasi dan dukungan kepada saya dan keluarga selama masa pendidikan dan penyelesaian karya akhir ini.

8. Kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu,yang telah memberikan dukungan, bantuan dan doanya. Saya ucapkan banyak terima kasih.

Melalui kesempatan ini pula perkenankan saya mengucapkan mohon maaf sebesar-besarnya atas segala kesalahan dan kekhilafan saya baik disengaja maupun tidak kepada semua pihak selama menjalani pendidikan ini.

Saya berharap semoga karya akhir ini bermanfaat bagi kita semua dan dapat memberikan sumbangan bagi perkembangan Ilmu Radiologi di masa yang akan datang. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan Rahmat dan karunia-Nya serta membalas budi baik kepada semua pihak yang telah memberikan dukungannya

Makassar, November 2022

Andi Helgasari Nurlan

ABSTRAK

ANDI HELGASARI NURLAN. *Korelasi Sternal Gap Pascasternotomi yang Diukur Menggunakan Ultrasonografi dengan Sternal Instability Scale (SIS) dan Derajat Nyeri Berdasarkan Numerical Rating Scale (NRS)* (dibimbing oleh Muhammad Ilyas dan Sri Asriyani).

Sternotomi merupakan suatu prosedur pembedahan dalam operasi jantung yang memberikan akses ke mediastinum, paru-paru, dan rongga pleura. Meskipun sternotomi untuk operasi jantung dikaitkan dengan hasil klinis yang sangat baik, dilaporkan terjadi sternal instability dan komplikasi nyeri dalam jumlah kecil, tetapi signifikan terhadap pasien. Penelitian ini bertujuan mengetahui korelasi antara sternal gap pascasternotomi yang diukur dengan menggunakan ultrasonografi (USG) dan *sternal instability scale* (SIS) dan derajat nyeri berdasarkan *numerical rating scale* (NRS). Penelitian dilakukan di RSUP dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar pada bulan Maret - Agustus 2022. Sampel sebanyak 38 pasien dewasa yang telah menjalani prosedur operasi sternotomi. Sternal gap dengan USG, SIS, dan NRS diukur 7 - 10 hari setelah prosedur operasi sternotomi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan hasil analisis uji korelasi Rank Spearman, sternal gap manubrium dan mid corpus sternum pascasternotomi yang diukur dalam kondisi inspirasi maksimal menggunakan ultrasonografi memiliki korelasi yang kuat dengan *sternal instability scale* (SIS) dengan nilai signifikansi kurang dari 0.05 dan koefisien korelasi rata-rata 0,523, Sternal gap manubrium, mid corpus, dan lower corpus pascasternotomi yang diukur dalam kondisi inspirasi maksimal menggunakan ultrasonografi memiliki korelasi yang cukup dengan derajat nyeri berdasarkan *numerical rating scale* (NRS) dengan nilai signifikansi kurang dari 0.05 dan koefisien korelasi rata-rata 0.405. Pengukuran sternal gap dapat menjadi pemeriksaan rutin pada pasien pascasternotomi dan hasil sternal gap dapat menjadi dasar batasan pergerakan pasien sehingga tidak terjadi komplikasi pascasternotomi

Kata kunci: sternotomi, ultrasonografi (USG), *sternal gap*, *sternal instability* (SIS), *numerical rating scale* (NRS)



ABSTRACT

ANDI HELGASARI NURLAN. *Correlation of Post-Sternotomy Sternal Gap Measured Using Ultrasonography with Sternal Instability Scale (SIS) and Pain Degree Based on Numerical Rating Scale (NRS)* (Supervised by Muhammad Ilyas and Sri Asriyani).

Sternotomy is a surgical procedure in cardiac surgery that provides access to the mediastinum lungs and pleural cavity. Although sternotomy for cardiac surgery is associated with excellent clinical outcomes, sternal instability and pain complications are reported in a small but significant number of patients. The purpose of this study is to determine the correlation between the post-sternotomy sternal gap as measured using ultrasonography (USG) with the Sternal Instability Scale (SIS) and the degree of pain based on the Numerical Rating Scale (NRS). This research was conducted at RSUP DR. Wahidin Sudirohusodo Makassar from March to August 2022 using 38 samples of adult patients who had undergone sternotomy surgery procedures. Measurement of the sternal gap by ultrasound, SIS, and NRS was measured 7-10 days after the sternotomy procedure. Based on the results of the Spearman Rank correlation test analysis, the manubrium sternal gap and the mid corpus sternum after sternotomy measured under condition of maximal inspiration using ultrasonography have a strong correlation with the Sternal Instability Scale (SIS) with a significance value less than 0.05 and the average of correlation coefficient is 0.523. Sternal gap manubrium, mid corpus, and lower corpus after sternotomy measured under conditions of maximal inspiration using ultrasonography have a sufficient correlation with the degree of pain based on the Numerical Rating Scale (NRS) with a significance value less than 0.05 and the average of correlation coefficient is 0.405. Measurement of the sternal gap can be a routine examination in post-sternotomy patients and the results of the sternal gap can be the basis for limiting the patient's movement so that post-sternotomy complications do not occur,

Keywords: sternotomy, ultrasonography (USG), sternal gap, sternal instability scale (SIS), numerical rating scale (NRS)



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I <u>P</u> ENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Hipotesis Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II <u>T</u> INJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Anatomi Sternum.....	7
2.2 Definisi Sternotomi	9
2.3 Proses Penyembuhan Tulang.....	11
2.4 Penyembuhan tulang sternum setelah sternotomi	15
2.5 Diagnostik Pencitraan Pada Sternum	16
2.6 Instabilitas sternum.....	26
2.7 Sternal Instability Scale (SIS)	27
2.8 Derajat Nyeri	30
BAB III <u>K</u> ERANGKA PENELITIAN.....	32
3.1 Kerangka Teori.....	32
3.2 Kerangka Konsep	33
BAB IV <u>M</u> ETODOLOGI PENELITIAN	34
4.1 Desain Penelitian	34
4.2 Tempat dan Waktu Penelitian	34
4.3 Populasi	34
4.4 Sampel Penelitian	34

4.5	Perkiraan Besar Sampel.....	34
4.6	Kriteria Inklusi dan Eksklusi.....	35
4.7	Definisi Operasional.....	35
4.8	Prosedur Penelitian.....	37
4.9	Izin Penelitian dan Ethical Clearance.....	39
4.10	Pengolahan dan Analisis Data.....	39
4.11	Alur Penelitian.....	40
BAB V HASIL PENELITIAN.....		41
BAB VI PEMBAHASAN.....		50
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....		56
7.1	Kesimpulan.....	56
7.2	Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....		58
LAMPIRAN.....		64
1.	Rekomendasi Persetujuan Etik.....	64
2.	Informed Consent.....	65
3.	Curriculum Vitae.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sternal Instability Scale (SIS) oleh El-Anshary et.al(El-Ansary et al., 2018)	29
Tabel 2. Karakteristik Pasien Berdasarkan Jenis Kelamin.....	42
Tabel 3. Karakteristik Pasien Berdasarkan Kelompok Umur	42
Tabel 4. Karakteristik Pasien Berdasarkan Jenis Operasi	42
Tabel 5. Distribusi Frekuensi Gap Sternum pada Saat Inspirasi Normal	43
Tabel 6. Deskripsi Gap Sternum pada Saat Inspirasi Normal.....	43
Tabel 7. Distribusi Frekuensi Gap Sternum pada Saat Inspirasi Maksimal.....	43
Tabel 8. Deskripsi Gap Sternum pada Saat Inspirasi Maksimal	44
Tabel 9. Nilai Sternal Instability Scale (SIS)	44
Tabel 10. Nilai Numerical Rating Scale (NRS)	44
Tabel 11. Tabulasi Silang Gap Manubrium saat Inspirasi Maksimal dengan SIS	45
Tabel 12. Tabulasi Silang Gap Mid Corpus saat Inspirasi Maksimal dengan SIS	45
Tabel 13. Tabulasi Silang Gap Lower Corpus saat Inspirasi Maksimal dengan SIS	45
Tabel 14. Tabulasi Silang Gap Manubrium saat Inspirasi Maksimal dengan NRS	46
Tabel 15. Tabulasi Silang Gap Mid Corpus saat Inspirasi Maksimal dengan NRS	46
Tabel 16. Tabulasi Silang Gap Lower Corpus saat Inspirasi Maksimal dengan NRS	47
Tabel 17. Uji Korelasi Spearman Gap Sternum Pada saat Inspirasi Maksimal dengan SIS	48
Tabel 18. Uji Korelasi Spearman Gap Sternum Pada saat Inspirasi Maksimal dengan NRS	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ilustrasi anatomi sternum(Graeber and Nazim, 2007)	8
Gambar 2. Bagian sternum dari proyeksi anterior dan lateral (Graeber and Nazim, 2007).	9
Gambar 3. (a) Sternum dibagi oleh sternal saw di midline anatomis dengan menggunakan electric sternal saw. (b) Pembukaan sternum secara bertahap dengan Retraktor Finochetto.(Matache et al., 2016).....	10
Gambar 4. The surgeon's view melalui full sternotomi (Reser et al., 2015)	10
Gambar 5. Penutupan sternum menggunakan stainless steel wires. ²	11
Gambar 6 Penyembuhan fraktur adalah proses yang ditentukan secara menyamping. (A) Pada cedera terjadi gangguan periosteum dan tulang (B) Bekuan segera membentuk matriks sementara. Degranulasi trombosit melepaskan kemokin untuk merekrut peradangan. (C) Fase inflamasi mengarah ke periode (D) Ekspansi dan migrasi mesenkim dari periosteum dan endosteum dan angiogenesis, (E) Tulang dibentuk melalui endokondral (sel oval besar berwarna biru) dan osifikasi intramembran (sel abu-abu yang lebih kecil), (F) Osteoklas (sel berinti banyak) menyerap tulang primer dan proses remodeling mengembalikan bentuk dan struktur tulang.(Bahney et al., 2019).....	14
Gambar 7 Tahapan penyembuhan tulang sekunder.(Sheen, 2021).....	14
Gambar 8. Ilustrasi midsternal strip sign dan perubahan posisi wire(Boiselle et al., 1999).....	18
Gambar 9 Midsternal strip sign yang ditunjukkan dengan panah hitam (Ramzisham et al., 2009)	19
Gambar 10. (a) foto thorax menunjukkan orientasi normal linear vertikal wire sternotomi median. (b) Foto thorax 7 bulan setelahnya menunjukkan interval displacement lateral kiri dari wire sternal keempat dan kelima (garis putus-putus) dibandingkan dengan foto thorax (a).(Hota et al., 2018)	19
Gambar 11. Pemeriksaan foto thorax seorang pria berusia 74 tahun setelah operasi bypass arteri koroner melalui sternotomi median (hari 0); b dan c rotasi (R), displacement (D) dan pelebaran midsternal stripe (panah berpasangan) dari sternal wire pada pasien yang sama (Peivandi et al., 2006).....	19
Gambar 12. USG normal sternum pada dewasa (tampilan longitudinal). (1) Jugular notch (2) manubrium (3) sternomanubrial junction (4) ridge level 3 kartilago kosta (5) ridge level 4 kartilago kosta (6) xiphisternum (Nickson and Rippey, 2011).....	20
Gambar 13. USG Transversal sternum (Nickson and Rippey, 2011)	21
Gambar 14. Contoh gambar ultrasound dua dimensi yang diambil saat istirahat, menggambarkan micromotion sternum.(Balachandran et al., 2017)	21

Gambar 15. (a) Pencitraan ultrasound pasien saat batuk, hari ke-1 pasca operasi. Jarak antara tepi sternum adalah 0,60 mm (lateral) dan 1,80 mm(antero-posterior). (b) gambar ultrasound saat batuk, 6 minggu pasca operasi. Jarak antara tepi sternum adalah 0,50 mm (lateral) dan 1,80 mm (antero-posterior).(El-Ansary et al., 2016).....	22
Gambar 16. reformat CT thorax irisan koronal menunjukkan tiga bagian sternum yaitu: manubrium, corpus dan xiphoid (berlabel).(Duraikannu, Noronha and Sundarrajan, 2016)	23
Gambar 17. Sternal gap pada CT Scan (panah merah).(Tunçay et al., 2015).....	23
Gambar 18. Pria 54 tahun dengan sternal nonunion 3 tahun setelah sternotomi median. Gambar CT Aksial (a) dan koronal (b) menunjukkan gap yang sesuai dengan nonunion.(Hota et al., 2018).....	24
Gambar 19. CT 3 dimensi pria 52 tahun post sternotomy median menunjukkan displacement lateral dari fragmen sternum inferior kiri sesuai sternal dehiscence(Hota et al., 2018)	24
Gambar 20. Pria 64 tahun, 5 hari setelah coronary artery bypass grafting, dengan temuan normal pasca operasi. A, CT scan dengan kontras irisan aksial menunjukkan cairan mediastinum dan fokus udara, yang dapat dianggap sebagai temuan normal untuk 2 minggu pertama setelah sternotomi. B, CT scan 3 dimensi volume rendering menunjukkan gap kecil di sternum(Li and Fishman, 2003)....	25
Gambar 21. Wanita 69 tahun yang datang 2 bulan setelah coronary artery bypass grafting dengan demam dan nyeri sternoklavikularis. A, CT scan aksial menunjukkan erosi sternum superior kiri dan kosta pertama (panah) yang disebabkan oleh septik arthritis atau osteomielitis, dengan cavitas inflamasi besar di lobus kiri atas. B, CT scan volume rendering menunjukkan septik arthritis atau osteomielitis yang melibatkan kedua sendi sternoklavikularis (panah) dan junction sternum dan kosta kiri pertama.(Li and Fishman, 2003)	26
Gambar 22. Pemeriksaan stabilitas sternum (SIS).....	29
Gambar 23. Numerical Rating Scale (Karcioğlu, 2018)	31
Gambar 24. Kerangka teori penelitian	32
Gambar 25. Kerangka konsep penelitian	33
Gambar 26. Pengaturan penilaian ultrasound. posisi transduser linier pada dinding dada anterior di atas sayatan sternotomi median pada level costae 4.	38
Gambar 27. Alur Penelitian.....	40
Gambar 28. (a) Pasien pasca sternotomi. (b) Contoh USG sternum.....	41

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

AP	: Anterior-Posterior
ASD	: <i>Atrial Septal Defect</i>
BT	: Blalock-Tausig
CABG	: <i>Coronary Artery Bypass Graft</i>
CT	: <i>Computed Tomography</i>
IASP	: <i>The International Association for the Study of Pain</i>
PPOK	: Penyakit Paru Obstruktif Kronik
NRS	: <i>Numerical Rating Scale</i>
RANK-L	: <i>Receptor Activator of Nuclear Factor $\kappa\beta$-Ligand</i>
RSUP	: Rumah Sakit Umum Pusat
RSWS	: Rumah Sakit dr. Wahidin Sudirohosudo
SIS	: <i>Sternal Instability Scale</i>
SPSS	: <i>Statistical Programme Social Science</i>
USG	: <i>Ultrasonography</i>
VAS	: <i>Visual Analogue Scale</i>
VEGF	: <i>Vascular Endotelial Growth Factor</i>

DAFTAR LAMPIRAN

1. Rekomendasi Persetujuan Etik.....	64
2. Informed consent.....	65
3. Curriculum Vitae	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sternotomi merupakan suatu prosedur pembedahan dalam operasi jantung yang memberikan akses ke mediastinum, paru-paru dan rongga pleura (Matache *et al.*, 2016; Hautalahti, 2019). Sternotomi menjadi salah satu prosedur yang paling sering dilakukan pada operasi jantung di seluruh dunia dengan lebih dari satu juta prosedur dilakukan setiap tahun (Binti and Ali, 2017). Sternotomi diperkenalkan oleh Milton pada tahun 1897 setelah publikasi Julian tentang prosedur sternotomi pada tahun 1957. Sejak saat itu, sternotomi menjadi akses pembedahan yang paling sering digunakan pada operasi bedah jantung (Matache *et al.*, 2016; Hautalahti, 2019). Dalam bedah thoraks, sternotomi digunakan untuk prosedur pembedahan seperti transplantasi jantung, pembedahan korektif untuk kelainan jantung bawaan, pembedahan bypass arteri koroner, reseksi tumor dari mediastinum anterior, operasi trakea, bronkus dan gondok retrosternal serta untuk penanganan lesi vaskular. Selain itu, Sternotomi juga dapat digunakan dalam kombinasi dengan torakotomi (Matache *et al.*, 2016; Binti and Ali, 2017).

Meskipun insisi sternotomi untuk operasi jantung dikaitkan dengan hasil klinis yang sangat baik, dilaporkan terjadi *sternal instability* dalam jumlah kecil tapi signifikan dari pasien (1% sampai 8%) secara global.⁴ *Sternal instability* berkembang secara bertahap, biasanya dalam beberapa hari.¹ *Sternal instability* digambarkan sebagai gerakan abnormal sternum karena fraktur tulang sternum, atau gangguan sternum yang terbelah melalui pembedahan. Pemisahan bagian sternal mungkin total, melibatkan keseluruhan sternum atau dibatasi pada sebagian sternum. Hal ini menyebabkan nyeri, gangguan fungsi dan dapat berkembang jika tidak didiagnosis dan menjadi awal infeksi dan *sternal dehiscence* (Binti and Ali, 2017; El-Ansary *et al.*, 2018; Katijjahbe *et al.*, 2018).

Evaluasi untuk menilai penyembuhan sternum dapat dilakukan secara klinis dengan evaluasi skala nyeri dan skala pemeriksaan fisik menilai stabilitas

sternum menggunakan skala El-Anshary. Evaluasi ini digunakan pada beberapa penelitian penilaian stabilitas sternum pasca operasi jantung. *Sternal instability scale* (SIS) adalah alat penilaian fisik klinis yang bertujuan untuk menilai stabilitas sternum dan menetapkan nilai yang sesuai dengan temuan pemeriksaan (El-Ansary *et al.*, 2018; Hota *et al.*, 2018). Pada penelitian yang dilakukan oleh El-Anshary dkk dikatakan bahwa SIS adalah skala klinis yang valid dan andal yang memfasilitasi penilaian, skrining dan diagnosis ketidakstabilan sternum pada operasi jantung melalui sternotomi median (Balachandran *et al.*, 2017; El-Ansary *et al.*, 2018).

Komplikasi pada sternum biasanya terjadi 1-2 minggu setelah sternotomi (Teplick, 1983; Balachandran *et al.*, 2017). Komplikasi termasuk ketidakstabilan sternum memberikan beban pada pasien dan sistem perawatan kesehatan. Pada 0,3 – 5 % kasus penyembuhan sternotomi yang terganggu dapat menyebabkan nyeri, kecacatan, dan infeksi luka (Hota *et al.*, 2018; Bahney *et al.*, 2019; Hautalahti, 2019). Insisi pada sternum menghasilkan nyeri pasca operasi yang signifikan dan insiden nyeri kronis yang tidak dapat diabaikan (Restrepo *et al.*, 2009). Nyeri menurut *The International Association for the Study of Pain* (IASP) yaitu suatu pengalaman sensoris dan emosional yang tidak menyenangkan dihubungkan dengan adanya kerusakan jaringan atau potensial terjadinya kerusakan jaringan atau suatu keadaan yang menunjukkan kerusakan jaringan. Nyeri merupakan proses mekanisme pertahanan tubuh untuk memberi kesadaran bahwa tubuh seseorang sedang sakit. Faktor psikologik juga sangat berpengaruh terhadap perasaan nyeri penderita. Kontrol nyeri yang efektif meningkatkan kepuasan pasien dan hasil klinis (Haefeli and Elfering, 2006; Karcioğlu, 2018).

Penilaian nyeri pasca bedah pada pasien dewasa umumnya menggunakan *Numerical Rating Scale* (NRS). *Numerical Rating Scale* (NRS) adalah ukuran *unidimensional* intensitas nyeri pada orang dewasa. NRS merupakan versi numerik tersegmentasi dari *Visual Analogue Scale* (VAS) dimana responden memilih bilangan bulat (0 hingga 10) yang paling mencerminkan intensitas rasa sakit mereka. NRS merupakan skala berupa bar atau garis horizontal dengan 11 poin tunggal dengan 0 mewakili tidak ada rasa sakit dan 10 mewakili rasa sakit yang berat (Hawker *et al.*, 2011; Karcioğlu, 2018).

Deteksi dini pasien dengan risiko komplikasi sternum sangat penting untuk memfasilitasi pencegahan, mengoptimalkan intervensi tepat waktu, dan membatasi efeknya pada morbiditas pasien, kematian, dan total biaya perawatan (Balachandran *et al.*, 2016).

Secara radiologis evaluasi penyembuhan sternum yang dapat digunakan yaitu menggunakan modalitas *chest x-ray* dengan menilai adanya *midsternal sign* berupa gambaran radiolusen pada sternum yang menunjukkan kegagalan penyembuhan sternum (Escovitz, Okulski and Lapayowker, 1976; Peivandi *et al.*, 2006). Namun, pencitraan ini, dinilai menunjukkan sensitivitas dan akurasi rendah dalam diagnosis pasca operasi sternum, komplikasi dan fraktur sternum (Teplick, 1983; Peivandi *et al.*, 2006). Pada penelitian yang dilakukan Lawrence R. Goodman tahun 1982, bahwa *Computer Tomography* (CT) scan memberikan lebih banyak informasi daripada radiografi konvensional. Pelebaran mediastinum terlihat pada sebagian besar radiografi, CT scan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang penyebab pembesaran mediastinum. CT dapat mengidentifikasi semua kumpulan cairan dan memberikan banyak informasi tentang jaringan lunak presternal dan os sternum yang bermanfaat untuk penanganan pasien (Teplick, 1983; El-Ansary *et al.*, 2000).

CT scan merupakan modalitas terbaik yang dapat digunakan untuk melihat sternum, namun pada penggunaan di lapangan, CT scan dinilai tidak praktis dan membutuhkan biaya yang tinggi (El-Ansary *et al.*, 2000; Duraikannu, Noronha and Sundarrajan, 2016). Modalitas lain yang dapat digunakan untuk menilai morfologi sternum adalah dengan ultrasonografi (Selanjutnya disingkat : USG). USG dapat menilai secara cepat dan akurat untuk mengenali adanya deformitas dari sternum. USG juga lebih murah dan tidak menggunakan radiasi dibandingkan dengan CT-Scan (Nickson and Rippey, 2011; El-Ansary *et al.*, 2016).

Pada beberapa penelitian yang dilakukan oleh Doa El-Ansary, Sulakshana Balachandran dkk tahun 2015 dan 2016, menggunakan *ultrasonography* (USG) sternum pada pasien yang mengalami instabilitas sternum pasca bedah jantung dapat disimpulkan bahwa USG sternum memiliki validitas dan realibilitas yang baik untuk menilai penyembuhan sternum pasca sternotomi pada pasien bedah

jantung yaitu dengan menilai adanya gerakan abnormal dan gap pada garis tengah sternum pasca sternotomy (El-Ansary *et al.*, 2016; Balachandran *et al.*, 2017).

Di Indonesia, masih belum banyak yang menggunakan USG untuk menilai penyembuhan sternum. Prima Kharisma dari RS. Dr. Soetomo, melakukan penelitian yang menilai penyembuhan sternum pada pasien pasca bedah jantung anak dengan menggunakan USG (Hayuningrat, Soebroto and Rahardjo, 2020). Di makassar, operasi bedah jantung dewasa sudah rutin dilakukan, kesadaran akan stabilitas suboptimal dari luka sternotomi membuat dokter bedah jantung memerlukan modalitas yang cepat, praktis dan akurat untuk menilai adanya deformitas dari sternum pasca operasi bedah jantung. Ini menjadi latar belakang disusunnya penelitian ini.

1.2. Rumusan masalah

Dengan memperhatikan latar belakang permasalahan diatas, maka dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut :

“Apakah terdapat korelasi antara sternal gap pasca sternotomi yang diukur menggunakan ultrasonografi dengan *Sternal Instability Scale* (SIS) dan derajat nyeri berdasarkan *Numerical Rating Scale* (NRS)?”.

1.3. Tujuan Penelitian

A. Tujuan Umum

Mengetahui korelasi antara sternal gap pasca sternotomi yang diukur dengan menggunakan ultrasonografi dengan *Sternal Instability Scale* (SIS) dan derajat nyeri berdasarkan *Numerical Rating Scale* (NRS).

B. Tujuan Khusus

- Mengukur sternal gap dengan pemeriksaan ultrasonografi pada pasien pasca operasi sternotomi dalam kondisi diam.
- Mengukur sternal gap dengan pemeriksaan ultrasonografi pada pasien pasca operasi sternotomi dalam kondisi inspirasi maksimal.

- Menilai stabilitas sternum pasca operasi sternotomi berdasarkan *Sternal Instability Scale (SIS)*.
- Menilai derajat nyeri pasien pasca operasi sternotomi berdasarkan *Numerical Rating Scale (NRS)*.
- Mengetahui korelasi antara sternal gap pasca sternotomi yang diukur dalam kondisi inspirasi maksimal menggunakan ultrasonografi dengan *Sternal Instability Scale (SIS)*.
- Mengetahui korelasi antara sternal gap pasca sternotomi yang diukur dalam kondisi inspirasi maksimal menggunakan ultrasonografi dengan derajat nyeri berdasarkan *Numerical Rating Scale (NRS)*.

1.4. Hipotesis Penelitian

Pada pasien pasca sternotomi, besarnya sternal gap memiliki korelasi yang signifikan dengan derajat kestabilan sternum dan derajat nyeri pada evaluasi secara klinis dan ultrasonografi.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan antara lain :

A. Manfaat teoritik :

Penelitian ini diharapkan memberikan informasi ilmiah tentang korelasi antara sternal gap pasca sternotomi yang diukur menggunakan ultrasonografi dengan *Sternal Instability Scale (SIS)* dan derajat nyeri berdasarkan *Numerical Rating Scale (NRS)*.

B. Manfaat Metodologi :

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan pengembangan penelitian selanjutnya tentang metode diagnostik stabilisasi sternum pasca sternotomi.

C. Manfaat Aplikatif :

- Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu untuk mengevaluasi penyembuhan sternum pasien pasca sternotomi dengan menggunakan metode yang sederhana dan aman yaitu evaluasi secara klinis dan ultrasonografi

- Hasil penelitian ini dapat memberikan pertimbangan untuk menggunakan ultrasonografi sebagai alat diagnostik evaluasi penyembuhan sternum pada pasien pasca bedah sternotomy.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Anatomi Sternum

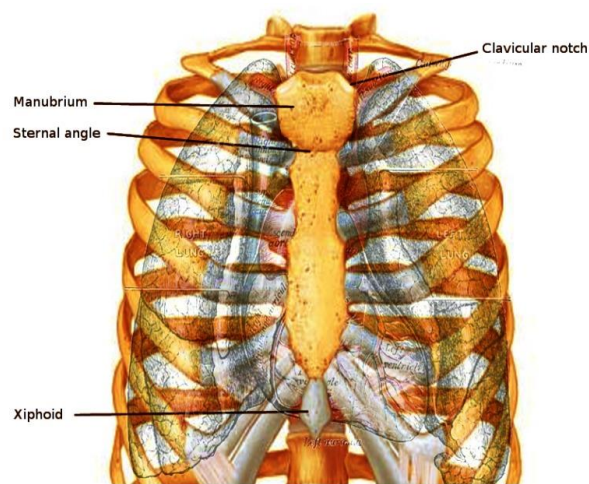
Sternum adalah tulang pipih, yang slight konveks di anterior dan konkaf di posterior, berukuran +/- 15 sampai 20 cm di garis tengah anterior dada. Sternum menutupi mediastinum termasuk jantung dan pembuluh darah besar, seperti trakea dan aspek medial paru-paru. Sternum dibentuk dari dua lempeng tulang rawan yang menyatu di garis tengah selama perkembangan janin. Sternum terdiri dari tiga bagian: manubrium, corpus dan proses xiphoideus. Batas lateral sternum berartikulasi dengan costae kedua sampai ketujuh. Sternum cenderung menyempit di junction antara corpus dan manubrium dan junction antara corpus dan proses xiphoideus (Hautalahti, 2019).

Manubrium adalah bagian terlebar dari sternum, dengan lebar sekitar 5 cm di bagian atas dan lebar 2,5 hingga 3,0 cm di bagian bawahnya.¹ Manubrium terletak paling atas, dan memiliki margin atas yang konkaf yang membentuk sentral notch superior (jugularis notch) dan dua fossa lateral (clavicular notch) yang berartikulasi dengan klavikula. Beberapa otot (misalnya, sternocleidomastoideus, sternohyoideus, dan sternothyroideus) melekat pada permukaan anteriornya (Restrepo *et al.*, 2009).

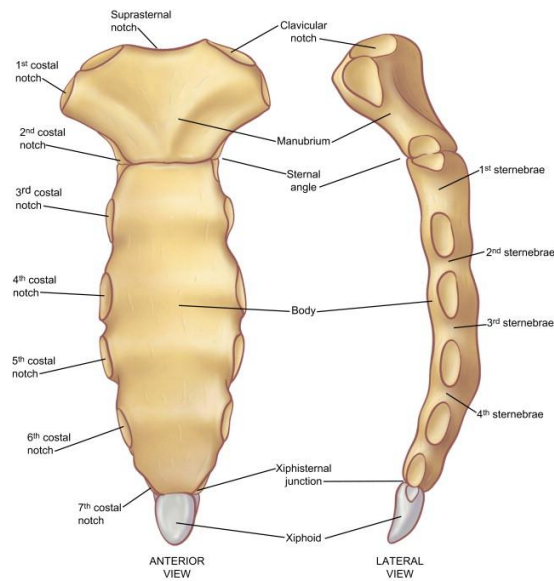
Corpus sternum datar, dengan permukaan anterior yang irreguler. Karena kemiringan tubuh sternum yang lebih curam dibandingkan dengan manubrium, artikulasi manubrium dengan bagian atas corpus sternum di sendi manubriosternal membentuk *sternal angle* atau *angle of Louis* (Hautalahti, 2019). Corpus sedikit lebih dari dua kali panjang manubrium. Corpus sternum memiliki facets artikular yang terletak di sepanjang batas lateral corpus sterni untuk bagian bawah dari kartilago kosta kedua sampai kartilago kosta ketujuh. Corpus sternum memiliki banyak otot dan ligamen dan terkait erat dengan struktur penting. Di bagian bawah, sternum berartikulasi dengan prosesus xiphoid (Goodman, Teplick and Kay, 1983; Duraikannu, Noronha and Sundarrajan, 2016).

Prosesus xiphoid (dari kata Yunani xiphos, yang berarti "pedang lurus") adalah tulang yang tipis dan elongasi yang memiliki banyak variasi. Prosesus xiphoid adalah tulang rawan di awal kehidupan dengan panjang 2 sampai 3 cm dan biasanya mengeras pada dekade keempat kehidupan. Ligamentum costoxiphoid mencegah perpindahannya selama kontraksi diafragma. Prosesus xiphoid menempel pada linea alba pada vertebra thoracal 10 atau 11 (Graeber and Nazim, 2007).

Sendi sternoklavikula adalah sendi sinovial yang menghubungkan aksial skeleton dan bagian atas ekstremitas dan terlibat dalam pergerakan ekstremitas atas. Komponen utama dari sendi sternoklavikularis termasuk ligamen anterior sternoklavikularis, ligamen interklavikula, ligamen costoklavikular, diskus artikularis, dan rongga artikular (Restrepo *et al.*, 2009).



Gambar 1. Ilustrasi anatomi sternum(Graeber and Nazim, 2007)



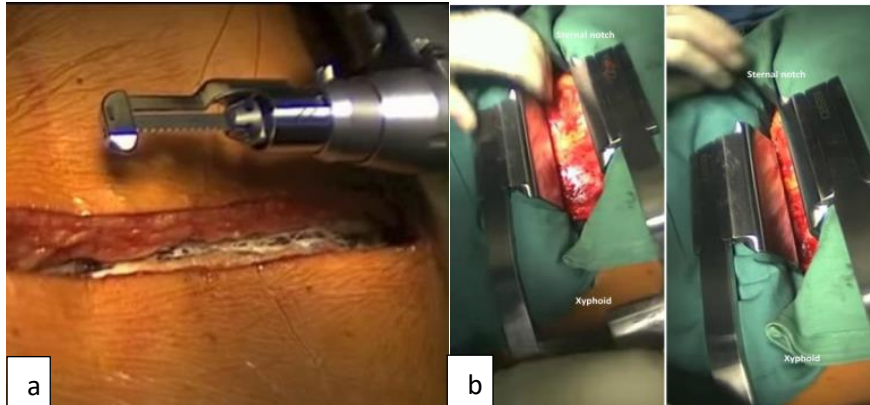
Gambar 2. Bagian sternum dari proyeksi anterior dan lateral (Graeber and Nazim, 2007).

2.2 Definisi Sternotomi

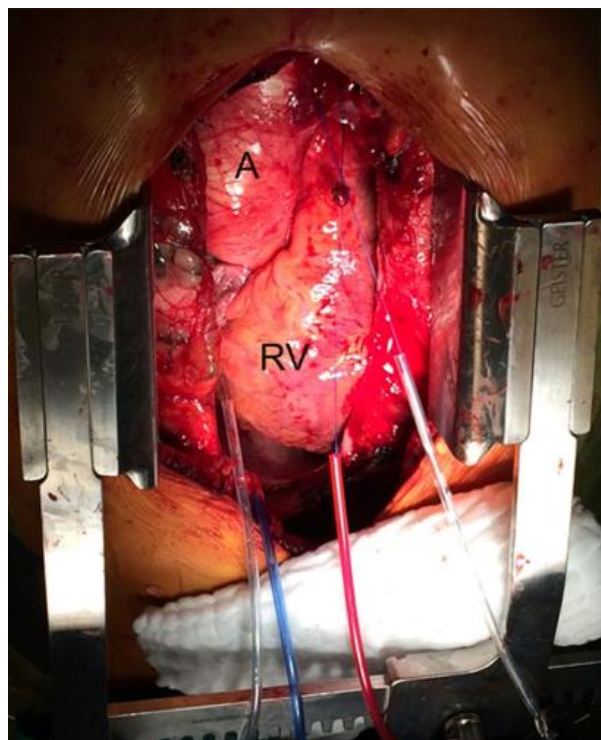
Sternotomi median diperkenalkan oleh Milton pada tahun 1897 setelah publikasi Julian tentang prosedur sternotomi median pada tahun 1957. Sejak saat itu, sternotomi menjadi akses pembedahan yang paling sering digunakan pada operasi bedah jantung. Sternotomi menjadi insisi standar dalam operasi bedah jantung yang memungkinkan akses ke mediastinum dan rongga pleura. Dalam bedah toraks, sternotomi digunakan untuk reseksi tumor mediastinum anterior, operasi lower trakea dan main stem bronkus serta goiters retrosternal atau untuk penanganan lesi vaskular (Reser *et al.*, 2015; Hautalahti, 2019).

Pada sternotomi, kulit diinsisi dari *jugular notch* hingga di bawah prosesus xiphoid. Jaringan subkutan dan fascia presternal diinsisi untuk mengekspos periosteum sternum. Sternum dibagi secara longitudinal oleh *sternal saw* di *midline* anatomis, yang sebaiknya ditandai sebelumnya dengan kauter sebelum sternum di gergaji untuk memastikan penutupan yang baik di akhir operasi (Gambar 3a). Hemostasis dilakukan pada tepi sternum menggunakan kauter, tetapi penggunaannya harus dibatasi seminimal mungkin untuk mencegah nekrosis jaringan. Tepi sternal ditutupi oleh penutup steril, kemudian dimasukkan sternal spreader untuk melebarkan sternum dan mencegah fraktur transversal atau

fragmentasi. Sternum ditarik perlahan dan secara bertahap untuk menghindari patah tulang. Mulanya sternum akan ditarik secara manual sampai cukup ruang untuk memasukkan retraktor Finnocheto (Gambar 3b). Kemudian Perikardium dibuka untuk mengekspos jantung.(Gambar 4) (Reser *et al.*, 2015; Matache *et al.*, 2016).



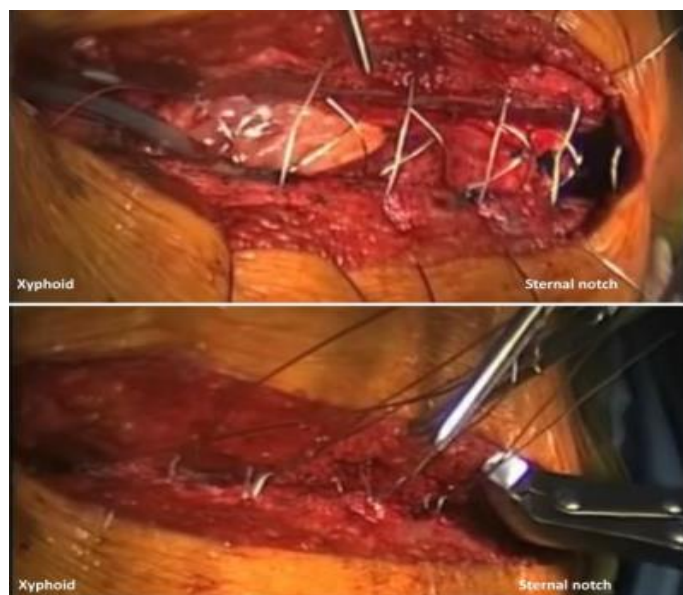
Gambar 3. (a) Sternum dibagi oleh sternal saw di midline anatomis dengan menggunakan electric sternal saw. (b) Pembukaan sternum secara bertahap dengan Retraktor Finochetto.(Matache *et al.*, 2016)



Gambar 4. The surgeon's view melalui full sternotomi (Reser *et al.*, 2015)

Pada akhir operasi, hemostasis pada *suture line* jantung diperiksa. Tabung drainase dibiarkan di tempatnya, biasanya di belakang jantung di posterior perikardium dan mediastinum anterior. Sternum biasanya dijahit dengan enam atau lebih *steel wire* yang ditarik dan diputar dengan kuat serta dipotong pendek untuk membuat hubungan yang kuat antara bagian sternum. Ujung kawat dibengkokkan agar rata di atas sternum (gambar 5). Fasia presternal, subkutis subdermal dan kulit ditutup menggunakan jahitan yang dapat diserap. Luka dibersihkan dan ditutup dengan penutup bedah steril (Reser *et al.*, 2015; Matache *et al.*, 2016).

Sternotomi juga dapat digunakan dalam kombinasi dengan torakotomi kiri atau kanan sebagai sternotomi parsial karena berkurangnya morbiditas dan mortalitas akibat *sternal dehiscence*. Namun penggunaan sternotomi pada pasien trauma untuk penanganan lesi jantung dan pembuluh darah besar terbatas, torakotomi lebih sering digunakan oleh ahli bedah toraks pada pasien trauma (Matache *et al.*, 2016; Hautalahti, 2019).



Gambar 5. Penutupan sternum menggunakan stainless steel wires.²

2.3 Proses Penyembuhan Tulang

Proses penyembuhan fraktur tulang terjadi melalui dua cara yaitu secara primer dan sekunder. Penyembuhan secara primer terjadi bila fragmen fraktur

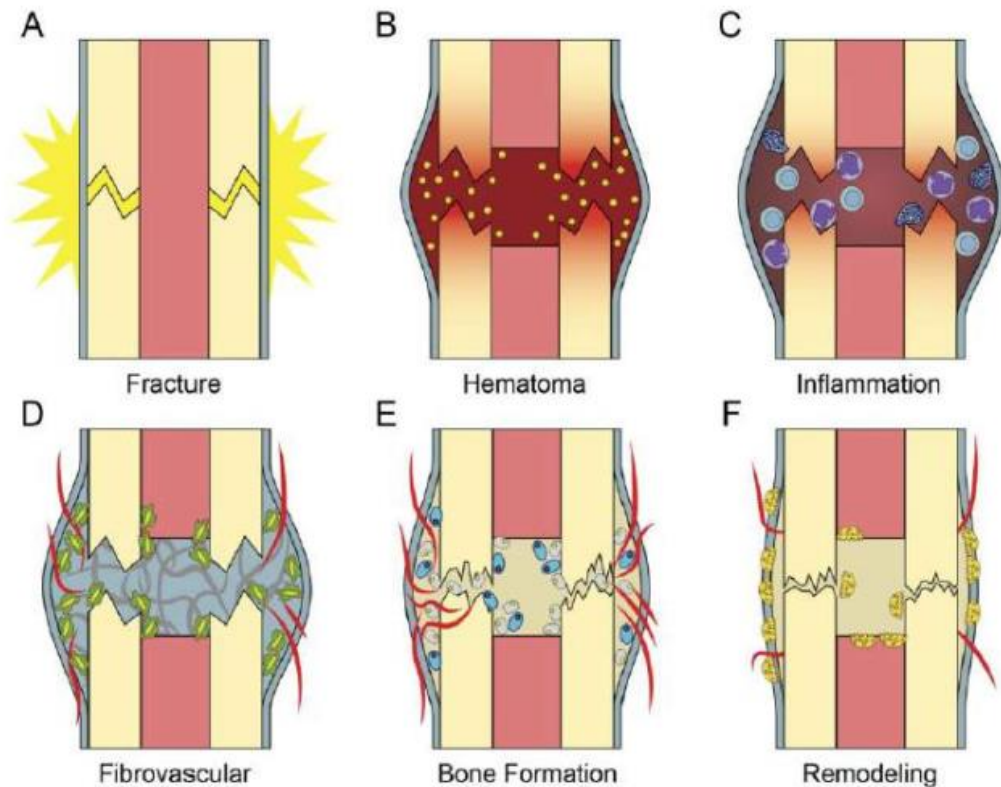
tulang dapat secara stabil dipertahankan tanpa ada pergerakan antar fragmen sedikitpun. Tetapi pada kenyataannya hal ini sulit terjadi, sehingga proses penyembuhan tulang dapat terjadi secara sekunder yaitu masih terdapatnya pergerakan pada tulang selama proses penyembuhan terjadi. Proses ini biasanya ditemukan pada pasien dengan fraktur pada tulang dada baik costa ataupun sternum dimana tulang–tulang tersebut mengikuti pergerakan dada saat bernapas meskipun fragmen fraktur telah difiksasi (Claes and Heigele, 1999; Hautalahti, 2019).

Proses penyembuhan sekunder terdiri dari 4 tahapan yaitu fase pembentukan hematoma, fase pembentukan kalus fibrokartilaginosa, selanjutnya diikuti dengan fase pembentukan kalus tulang (*bony callus formation*) dan fase terakhir adalah fase remodeling untuk mengembalikan tulang pada keadaan semula (Sheen, 2021). Fase pembentukan hematoma (Hari 1 sampai 5). Tahap ini dimulai segera setelah fraktur. Pembuluh darah yang mensuplai tulang dan periosteum pecah selama fraktur, menyebabkan hematoma terbentuk di sekitar lokasi fraktur. Hematoma menggumpal dan membentuk rangka sementara untuk penyembuhan selanjutnya. Cedera pada tulang menghasilkan sekresi sitokin pro-inflamasi. Sitokin ini bertindak untuk merangsang biologi seluler penting, menarik makrofag, monosit, dan limfosit. Sel-sel ini bekerja sama untuk menghilangkan jaringan nekrotik yang rusak dan mengeluarkan sitokin seperti faktor pertumbuhan endotel vaskular (VEGF) untuk merangsang penyembuhan di tempat tersebut (Bahney *et al.*, 2019; Sheen, 2021).

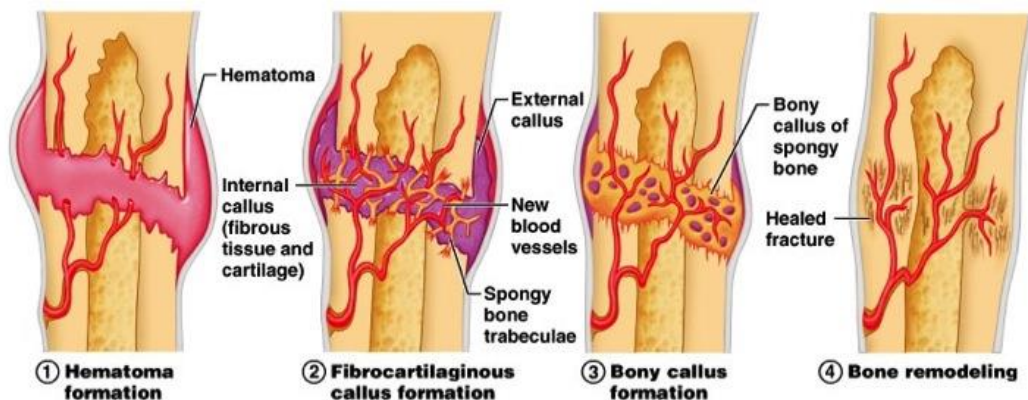
Pembentukan kalus fibrocartilaginosa (hari ke 5 sampai 11). Pelepasan VEGF menyebabkan angiogenesis di lokasi fraktur, dan di dalam hematoma, jaringan granulasi yang kaya akan fibrin mulai berkembang. Stem sel mesenkim lebih lanjut dimasukkan ke area tersebut dan mulai berdiferensiasi menjadi fibroblas, kondroblas, dan osteoblas. Akibatnya, kondrogenesis mulai terjadi, menghasilkan jaringan fibrokartilaginosa kaya kolagen yang membentang di ujung fraktur, dengan sleeve hialin kartilago di sekitarnya. Pada saat yang sama, berdekatan dengan lapisan periosteal, lapisan *woven bone* dihasilkan oleh sel-sel osteoprogenitor (Sheen, 2021).

Pembentukan Kalus Tulang (Hari ke 11 sampai 28). Kalus tulang rawan mulai mengalami osifikasi endokondral. *Receptor Activator of Nuclear Factor $K\beta$ -Ligand* (RANK-L) bekerja, merangsang diferensiasi lebih lanjut dari kondroblas, kondroklas, osteoblas, dan osteoklas. Akibatnya, kalus *cartilaginous* diserap dan mulai kalsifikasi. Secara subperiosteal, *woven bone* terus dibentuk. Pembuluh darah yang baru terbentuk terus berproliferasi, memungkinkan migrasi stem sel mesenkim lebih lanjut. Pada akhir fase ini, kalus yang keras dan terkalsifikasi terbentuk dari tulang yang immature (Sheen, 2021).

Remodeling Tulang (Hari ke 18 dan seterusnya, berlangsung berbulan-bulan hingga bertahun-tahun). Dengan berlanjutnya migrasi osteoblas dan osteoklas, kalus keras (*hard callus*) mengalami remodeling berulang disebut 'coupled remodeling.' yaitu keseimbangan resorpsi oleh osteoklas dan pembentukan tulang baru oleh osteoblas. Bagian tengah kalus akhirnya digantikan oleh *compact bone*, sedangkan tepi kalus digantikan oleh *lamellar bone*. Remodeling substansial dari pembuluh darah terjadi bersamaan dengan perubahan ini. Proses remodeling tulang berlangsung selama berbulan-bulan, yang pada akhirnya menghasilkan regenerasi struktur tulang yang normal (Bahney *et al.*, 2019; Sheen, 2021).



Gambar 6 Penyembuhan fraktur adalah proses yang ditentukan secara menyamping. (A) Pada cedera terjadi gangguan periosteum dan tulang (B) Bekuan segera membentuk matriks sementara. Degranulasi trombosit melepaskan kemokin untuk merekrut peradangan. (C) Fase inflamasi mengarah ke periode (D) Ekspansi dan migrasi mesenkim dari periosteum dan endosteum dan angiogenesis, (E) Tulang dibentuk melalui endokondral (sel oval besar berwarna biru) dan osifikasi intramembran (sel abu-abu yang lebih kecil), (F) Osteoklas (sel berinti banyak) menyerap tulang primer dan proses remodeling mengembalikan bentuk dan struktur tulang. (Bahney et al., 2019)



Gambar 7 Tahapan penyembuhan tulang sekunder. (Sheen, 2021)

Penyembuhan tulang primer adalah pembentukan kembali korteks tanpa pembentukan kalus. Penyembuhan primer terjadi jika fraktur cukup "diperbaiki" melalui reduksi, imobilisasi, dan rehabilitasi. Berbeda halnya dengan penyembuhan tulang sekunder, yang terjadi melalui pembentukan kalus dan remodeling. Dengan reduksi dan fiksasi, klinisi menggerakkan kedua ujung fraktur ke aposisi yang rapat, yang menghasilkan pembentukan minimal jaringan granulasi dan kalus. 'Cutting cones' osteoklas melintasi lokasi fraktur ke tulang rusak yang diresorpsi, dan 'zona pembentuk' osteoblas membentuk tulang baru (Sheen, 2021).

Tanda-tanda klinis terjadinya penyembuhan fraktur adalah gejala hematoma menghilang, tidak ada rasa nyeri, fragmen tidak bergerak dan tidak ada krepitasi, pada daerah fraktur kalus dapat diraba sebagai masa bulat dan padat, secara fungsional organ telah dapat dipergunakan tetapi masih perlu dibatasi (Kumar and Narayan, 2014; Sheen, 2021).

2.4 Penyembuhan tulang sternum setelah sternotomi

Faktor stabilitas tulang dan gerakan berpengaruh besar terhadap berhasilnya proses penyembuhan.^{1,28} Adanya kombinasi dari beberapa kalus memberikan efek untuk mengurangi *interfragmentary movement* sehingga segmen fraktur menjadi lebih stabil dan hal ini dapat memicu terjadinya proses osifikasi atau pembentukan tulang keras. Faktor yang meningkatkan *interfragmentary movement* tulang yang fraktur adalah besarnya ukuran dari defek antar fragmen tulang (*gap size*) (Claes and Heigele, 1999; Claes, Eckert-Hübner and Augat, 2003).

Besarnya defek sampai ukuran 2 mm dapat memicu pembentukan kalus secara optimal, tetapi pada ukuran defek yang lebih besar (≥ 6 mm) akan terlihat penurunan proses pembentukan kalus yang nantinya akan menyebabkan proses pembentukan tulang keras juga terganggu meskipun tulang pada posisi stabil (Augat, Claes and Eckert-h, 2002). Hal ini dapat dievaluasi melalui Rontgen toraks dengan adanya gambaran *midsternal strip sign* dan pada gambaran USG dapat terlihat gambaran diskontinuitas antara dua sisi sternum (Jin *et al.*, 2006; Nickson and Rippey, 2011).

Pauwels mengembangkan suatu teori bahwa differensiasi jaringan pada fraktur tergantung dari stres mekanik lokal. Dalam hipotesisnya disebutkan bahwa *tensile stress* dapat memicu untuk terbentuknya jaringan ikat fibro dan memicu *bone healing* melalui proses osifikasi intramembranosa (Jazrawi *et al.*, 1998; Claes and Heigele, 1999; Augat, Claes and Eckert-h, 2002). Pada stres yang bersifat *tensile* dapat meningkatkan terbentuknya jaringan fibrosa dan selanjutnya memicu osifikasi intramembranosa, sementara stress yang bersifat *compression* lebih meningkatkan terbentuknya jaringan kartilago dan osifikasi endokondral (Loboa, Beaupré and Carter, 2001). Pada tulang sternum pada keadaan yang fisiologi terjadi kombinasi stimulus mekanik yang bersifat kompresi dan *tensile* karena pengaruh pergerakan dinding dada saat respirasi. McGregor menggunakan sebuah model untuk menunjukkan stimulus mekanik pada sternum selama respirasi, dan hasilnya ketika dilakukan simulasi valsava terjadi regangan yang lebih jelas di arah lateral dibandingkan anterior-posterior dan cranial-caudal (Voss *et al.*, 2008).

Hal ini menunjukkan pada sternum kekuatan mekanik yang dominan adalah *tensile* atau bersifat regangan. Dari hasil ini, mengindikasikan bahwa proses penyembuhan tulang setelah prosedur median sternotomi adalah penyembuhan secara sekunder melalui osifikasi *intramembranous* yang lebih dipengaruhi oleh proses *interfragmentary movement*. Prosedur *osteosynthesis* pada penutupan sternum dengan menggunakan *Sternal wire* misalnya, bertujuan mempertahankan *interfragmentary movement* agar proses penyembuhan ini dapat terjadi dengan baik. Proses penyembuhan sendiri berlangsung dengan cepat karena komposisi yang dominan pada sternum adalah tulang *cancellous* selama jarak *gap* dapat dipertahankan kurang dari 2 mm karena terdapat korelasi antara jarak *gap* dengan proses penyatuan dari tulang (Green's, 2001; Augat, Claes and Eckert-h, 2002).

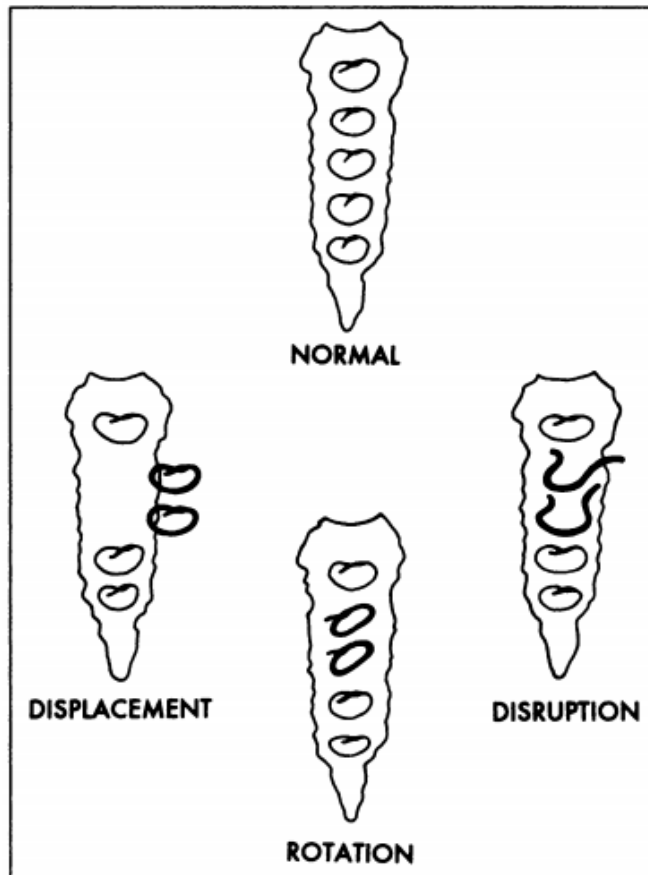
2.5 Diagnostik Pencitraan Pada Sternum

2.5.1. Foto Thorax

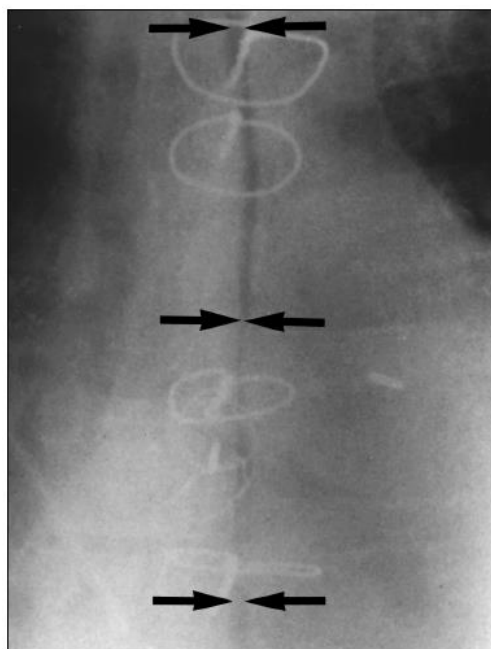
Pada gambaran X-Ray proyeksi frontal, visualisasi sternum seringkali tidak memberikan gambaran yang jelas karena tipisnya korteks dari sternum akibat rendahnya kadar mineral tulang dada serta adanya *superimposition* dengan costae,

spine, dan mediastinum. Gambaran sternum dapat tervisualisasi dengan baik pada proyeksi lateral tetapi gambaran abnormal pada sternum tidak dapat diidentifikasi secara baik bila tidak mengenai seluruh area sternum. Gambaran osifikasi inkomplit pada tulang sternum dapat terlihat pada pasien anak dan merupakan variasi normal (Goodman, Teplick and Kay, 1983; Shin, Berland and Ho, 1986).

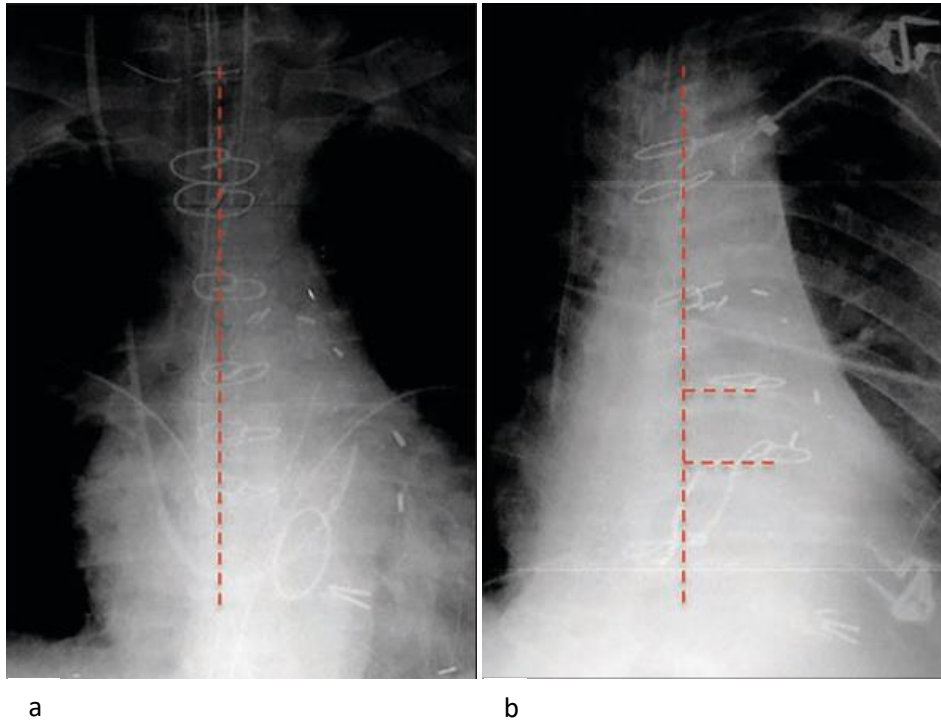
Pada pemeriksaan Rontgen toraks terdapat dua tanda yang saat ini dipakai untuk mengevaluasi penyembuhan sternum pasca sternotomi yaitu identifikasi dengan adanya *midsternal stripe*, yang didefinisikan sebagai gambaran radiolusensi pada daerah midline sternum sesuai dengan garis sternotomi. *Midsternal stripe sign* dideskripsikan pertama kali oleh Escovitz dkk pada tahun 1976 (Boiselle *et al.*, 1999; Ramzisham *et al.*, 2009). Tanda lainnya adalah perubahan posisi *sternal wire*, yang ditandai dengan adanya *misalignment* pada satu atau lebih *wire* relatif terhadap garis vertikal. Boiselle pada studi *stripe sign* pada gambaran foto thorax menyebutkan bahwa defek lebih dari 3 mm dapat terlihat pada gambaran Rontgen toraks pada proyeksi AP (Escovitz, Okulski and Lapayowker, 1976; Boiselle *et al.*, 1999).



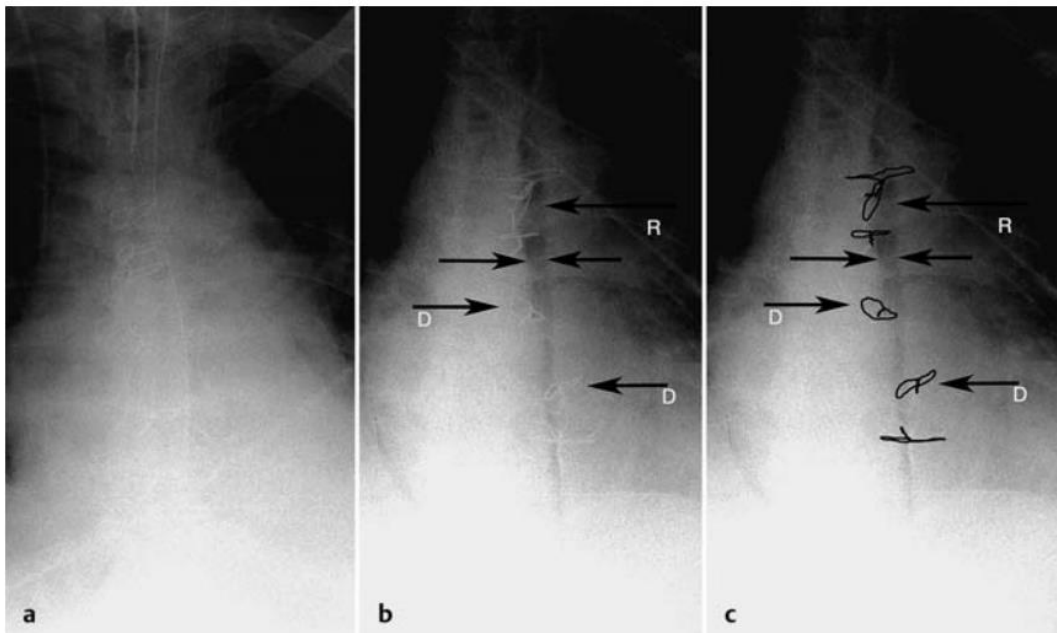
Gambar 8. Ilustrasi midsternal strip sign dan perubahan posisi wire(Boiselle et al., 1999)



Gambar 9 Midsternal strip sign yang ditunjukkan dengan panah hitam (Ramzisham et al., 2009)



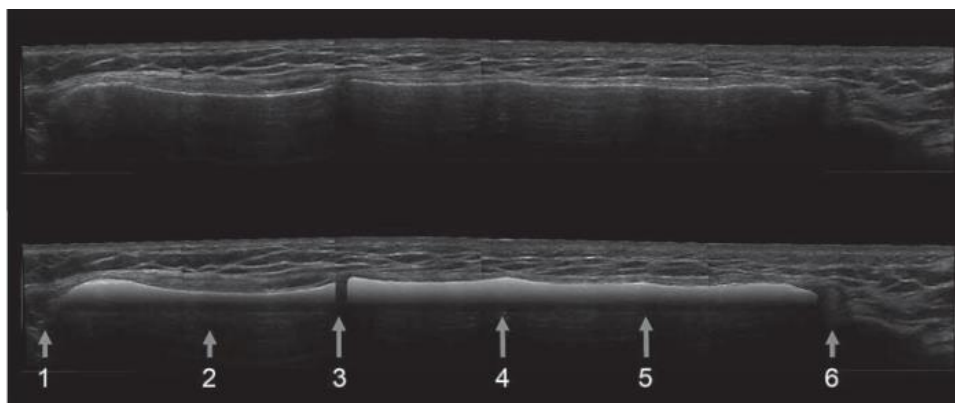
Gambar 10. (a) foto thorax menunjukkan orientasi normal linear vertikal wire sternotomi median. (b) Foto thorax 7 bulan setelahnya menunjukkan interval displacement lateral kiri dari wire sternal keempat dan kelima (garis putus-putus) dibandingkan dengan foto thorax (a). (Hota et al., 2018)



Gambar 11. Pemeriksaan foto thorax seorang pria berusia 74 tahun setelah operasi bypass arteri koroner melalui sternotomi median (hari 0); b dan c rotasi (R), displacement (D) dan pelebaran midsternal stripe (panah berpasangan) dari sternal wire pada pasien yang sama (Peivandi et al., 2006)

2.5.2. Pemeriksaan Ultrasound

Modalitas lain yang dapat menilai morfologi sternum adalah pemeriksaan Ultrasonografi (USG) dimana USG merupakan alat diagnostik non invasif yang mampu mendeteksi adanya *gap* pada sternum meskipun pada ukuran yang kecil dan mampu mendeteksi adanya pergerakan yang abnormal pada sternum pada saat pasien melakukan beberapa gerakan fungsional sehingga dapat dinilai sejauh mana gerakan fungsional tersebut berpengaruh terhadap stabilitas sternum. Namun gambaran sternum pada USG terbatas pada gambaran anterior cortex sedangkan gambaran posterior cortex tidak terlihat (Jin *et al.*, 2006; Nickson and Rippey, 2011).

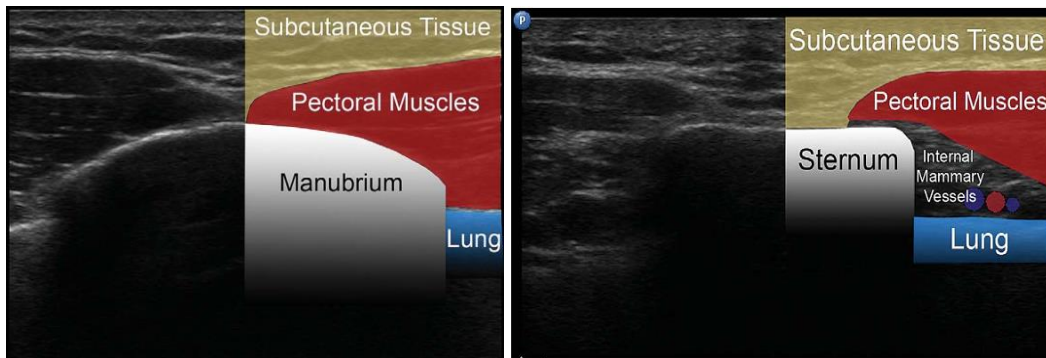


Gambar 12. USG normal sternum pada dewasa (tampilan longitudinal). (1) Jugular notch (2) manubrium (3) sternomanubrial junction (4) ridge level 3 kartilago kosta (5) ridge level 4 kartilago kosta (6) xiphisternum (Nickson and Rippey, 2011)

Teknik evaluasi ultrasound dari sternum adalah:

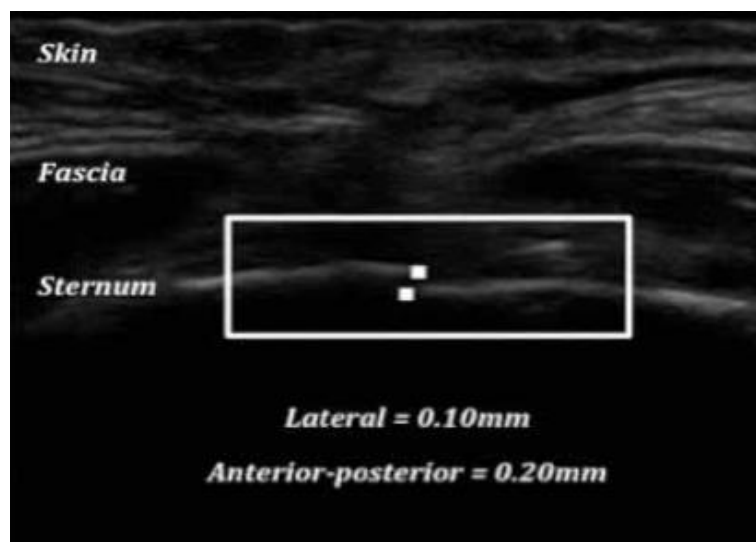
- Menggunakan transduser ultrasound linier frekuensi tinggi dengan pasien posisi supine/ duduk di kursi bersandaran dengan kaki yang beristirahat nyaman di lantai.
- Menggunakan preset muskuloskeletal atau small parts dengan frekuensi tinggi, zona fokus superfisial dan pengaturan kedalaman dangkal.
- Transduser diposisikan langsung ke kulit di atas tulang sternum setelah aplikasi gel transmisi ultrasound.
- Sesuaikan pengaturan penguatan untuk memastikan bahwa korteks yang sangat ekogenik adalah struktur linier yang terlihat jelas.

- Pindahkan probe secara kaudal dari jugular notch ke xiphisternum untuk memastikan seluruh permukaan sternum dapat dinilai.
- Penilai menggulir ke belakang dan mengambil gambar ultrasound yang optimal dengan tekanan minimal yang diterapkan melalui transduser (Nickson and Rippey, 2011; Balachandran *et al.*, 2019).

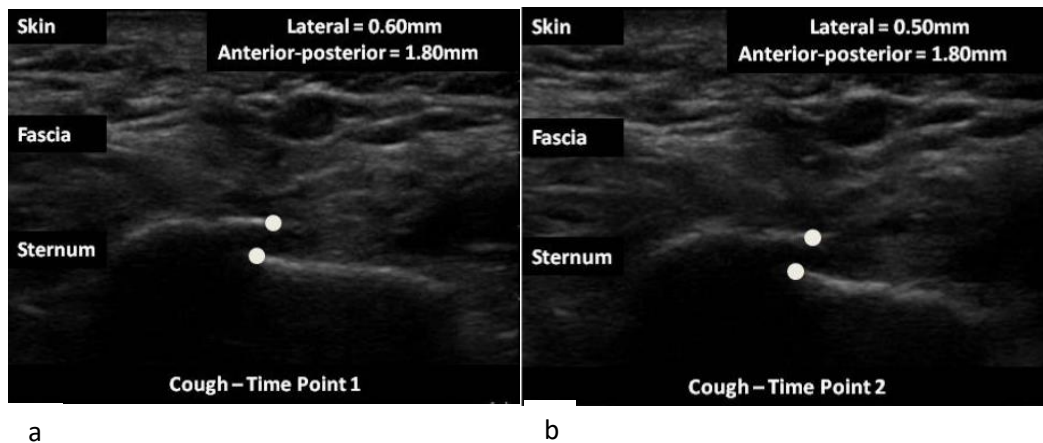


Gambar 13. USG Transversal sternum (Nickson and Rippey, 2011)

Gambaran ultrasonografi dari gap sternum terdeteksi dengan probe ultrasound. Gap sternum didiagnosis jika terdapat diskontinuitas di korteks sternum linier. Gap terlihat jelas, jika dua bagian sternum di kedua sisi fraktur bergerak secara independen.^{20,21}



Gambar 14. Contoh gambar ultrasound dua dimensi yang diambil saat istirahat, menggambarkan micromotion sternum. (Balachandran *et al.*, 2017)



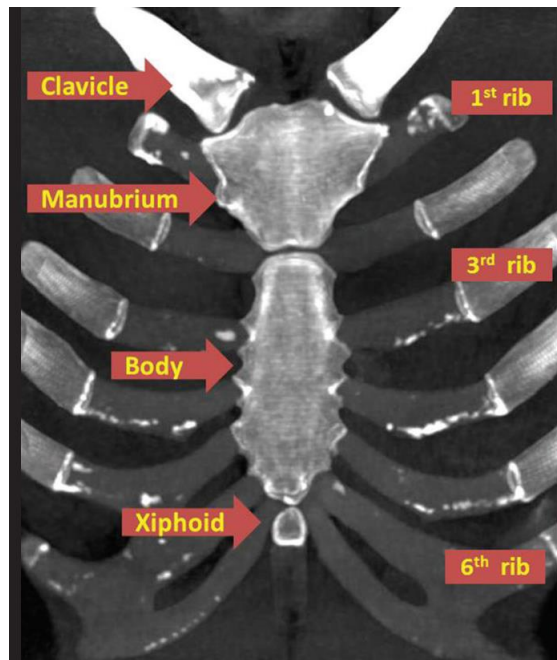
Gambar 15. (a) Pencitraan ultrasound pasien saat batuk, hari ke-1 pasca operasi. Jarak antara tepi sternum adalah 0,60 mm (lateral) dan 1,80 mm(antero-posterior). (b) gambar ultrasound saat batuk, 6 minggu pasca operasi. Jarak antara tepi sternum adalah 0,50 mm (lateral) dan 1,80 mm (antero-posterior).(El-Ansary et al., 2016)

Pada beberapa studi yang dilakukan Doa El-Ansary, Sulakshana Balachandran dkk tahun 2015 dan 2016, menggunakan USG sternum pada pasien yang mengalami instabilitas sternum pasca bedah jantung dapat disimpulkan bahwa USG sternum memiliki validitas dan realibilitas yang baik untuk menilai penyembuhan sternum pasca sternotomi pada pasien bedah jantung yaitu dengan menilai adanya gerakan abnormal dan gap pada garis tengah sternum pasca sternotomy (El-Ansary *et al.*, 2016; Balachandran *et al.*, 2017).

Kelebihan USG pada evaluasi sternum yaitu USG dapat mengukur gerakan mikro sternum,⁷ tidak memberikan radiasi, real time, cepat, dan mampu memberikan gambaran diskontinuitas sternum yang lebih jelas serta proses penyembuhannya dimana hal ini tidak terlihat pada pemeriksaan foto konvensional (Nickson and Rippey, 2011; El-Ansary *et al.*, 2016).

2.5.3. Pemeriksaan CT-Scan

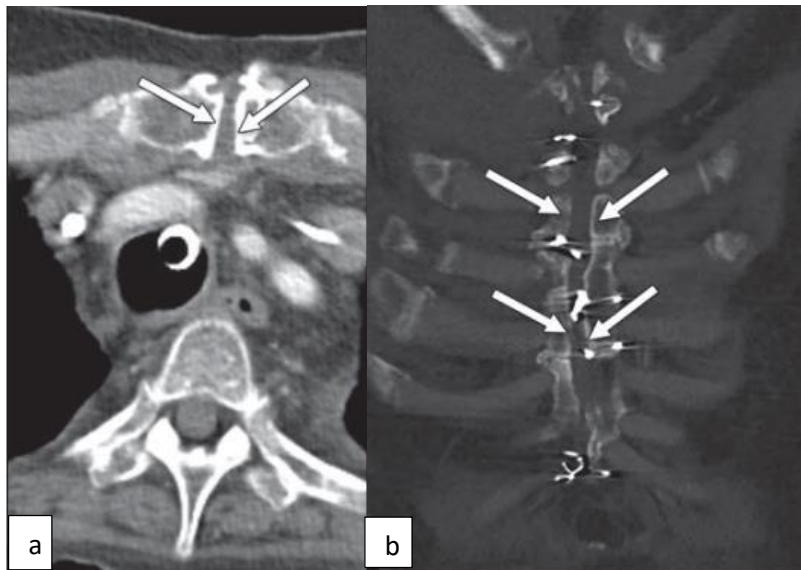
Pemeriksaan selanjutnya adalah *Computed tomography* (CT) yang merupakan modalitas pilihan utama untuk mengevaluasi anatomi sternum secara detail termasuk didalamnya kondisi patologis sternum, sternoclavicular joints, jaringan lunak sekelilingnya (Goodman, Teplick and Kay, 1983; Shin, Berland and Ho, 1986).



Gambar 16. reformat CT thorax irisan koronal menunjukkan tiga bagian sternum yaitu: manubrium, corpus dan xiphoid (berlabel).(Duraikannu, Noronha and Sundarrajan, 2016)

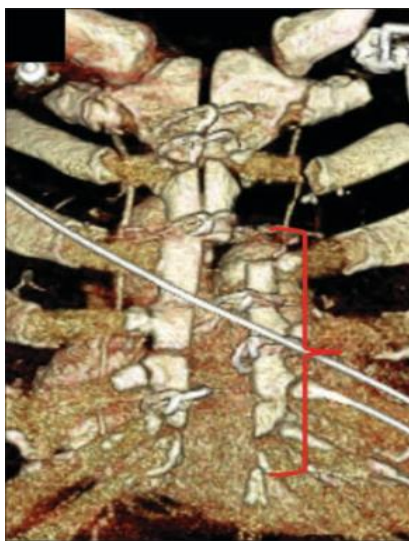


Gambar 17. Sternal gap pada CT Scan (panah merah).(Tunçay et al., 2015)



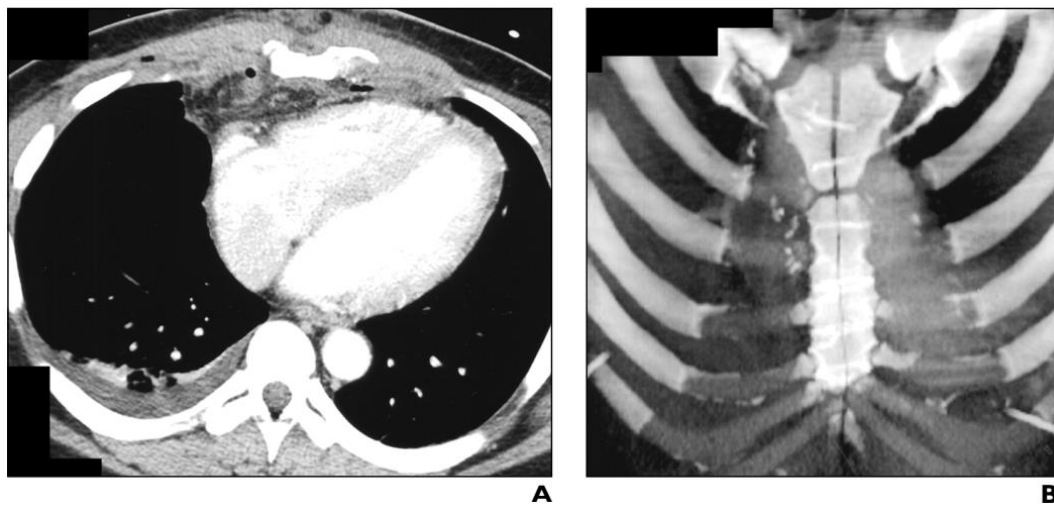
Gambar 18. Pria 54 tahun dengan sternal nonunion 3 tahun setelah sternotomi median. Gambar CT Aksial (a) dan koronal (b) menunjukkan gap yang sesuai dengan nonunion.(Hota et al., 2018)

Tingkat komplikasi untuk sternotomi median berkisar 0.5%-5%. Komplikasi dapat mempengaruhi presternal (selulitis, abses), sternal (osteomielitis, dehiscence) atau komplikasi retrosternal (mediastinitis, hematoma, abses). CT scan memiliki peran dalam mengevaluasi komplikasi pasca sternotomi. Pada CT, temuan dehiscence termasuk displaced sternal wire dan pelebaran progresif insisional gap (Li and Fishman, 2003; Tunçay *et al.*, 2015).



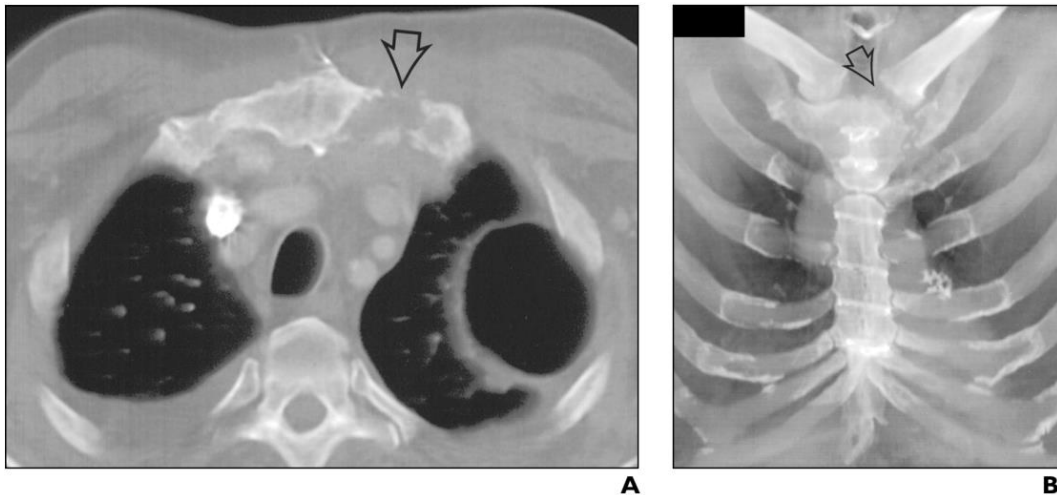
Gambar 19. CT 3 dimensi pria 52 tahun post sternotomy median menunjukkan displacement lateral dari fragmen sternum inferior kiri sesuai sternal dehiscence (Hota et al., 2018)

Pada studi yang dilakukan Lawrence R. Goodman tahun 1982, bahwa CT scan memberikan lebih banyak informasi daripada radiografi konvensional. CT scan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang penyebab pembesaran mediastinum. CT scan dapat mengidentifikasi kumpulan cairan dan memberikan banyak informasi tentang jaringan lunak presternal dan os sternum yang bermanfaat untuk penanganan pasien (Kay *et al.*, 1983; Teplick, 1983).



Gambar 20. Pria 64 tahun, 5 hari setelah coronary artery bypass grafting, dengan temuan normal pasca operasi. A, CT scan dengan kontras irisan aksial menunjukkan cairan mediastinum dan fokus udara, yang dapat dianggap sebagai temuan normal untuk 2 minggu pertama setelah sternotomi. B, CT scan 3 dimensi volume rendering menunjukkan gap kecil di sternum (Li and Fishman, 2003)

Osteomyelitis dini sternum sulit dibedakan dari irregularitas minor sternum yang disebabkan oleh bone saw dan variasi anatomis. Dapat ditemukan destruksi tulang, demineralisasi berat dan dehiscence. CT juga dapat menunjukkan erosi halus, reaksi periosteal, margin sclerosis yang tajam dan swelling pada jaringan lunak yang berdekatan (Kay *et al.*, 1983).



Gambar 21. Wanita 69 tahun yang datang 2 bulan setelah coronary artery bypass grafting dengan demam dan nyeri sternoklavikularis. A, CT scan aksial menunjukkan erosi sternum superior kiri dan kosta pertama (panah) yang disebabkan oleh septik arthritis atau osteomyelitis, dengan cavitas inflamasi besar di lobus kiri atas. B, CT scan volume rendering menunjukkan septik arthritis atau osteomyelitis yang melibatkan kedua sendi sternoklavikularis (panah) dan junction sternum dan kosta kiri pertama. (Li and Fishman, 2003)

CT memiliki spesifisitas 39% dan sensitifitas 100% untuk mengevaluasi infeksi sternum sampai hari ke 21 hari pasca pembedahan. Tetapi modalitas ini memiliki biaya yang tinggi dan tidak praktis untuk digunakan sebagai evaluasi klinis (Goodman, Teplick and Kay, 1983; Shin, Berland and Ho, 1986; Hautalahti, 2019).

2.6 Instabilitas sternum

Stabilitas dari sternum sangat penting untuk pemulihan normal setelah sternotomi. Melonggarnya sternotomi biasanya berlangsung selama beberapa hari saat pasien bergerak dan batuk. Gangguan pada penyembuhan sternum dapat menyebabkan peningkatan nyeri pasca operasi, keterlambatan pemulihan fungsional, peningkatan morbiditas dan peningkatan biaya perawatan. Deteksi tepat waktu sangat penting untuk penanganan yang optimal dan pencegahan komplikasi pasca operasi (Binti and Ali, 2017; Hautalahti, 2019).

Ketidakstabilan sternum (*sternal instability*) telah dilaporkan terjadi pada 2-16% pasien setelah sternotomi. Faktor risiko ketidakstabilan luka sternum yaitu: diabetes, penyakit paru obstruktif kronik, obesitas, merokok, usia yang lebih tua,

keadaan immunosupresif, gagal ginjal, osteoporosis, re-sternotomi karena perdarahan, dan bypass cardiopulmonary yang berkepanjangan (Hautalahti, 2019).

Sternal instability terjadi sebagai akibat dari pemisahan sternum pada midline yang menyebabkan pergerakan abnormal sternum karena fraktur atau gangguan wire sternum. Gejala instabilitas sternum bervariasi dengan berjalannya waktu dan dapat muncul dalam jangka waktu yang lama dan banyak pula yang tidak dirujuk kepada ahli bedah jantung untuk dilakukan evaluasi sehingga diperkirakan lebih banyak lagi pasien pasca operasi yang tidak terdiagnosis (Binti and Ali, 2017; Hautalahti, 2019).

2.7 Sternal Instability Scale (SIS)

Manifestasi klinik pada instabilitas sternum antara lain nyeri, tidak nyaman dan perasaan pergerakan dada yang tidak stabil (Binti and Ali, 2017). Pemeriksaan klinis untuk menilai derajat instabilitas sternum menggunakan skala yang di ajukan El-Ansary et.al (El-Ansary *et al.*, 2000, 2018).

Pada studi yang dilakukan EL-Ansary dkk tahun 2018, SIS memberikan hasil yang valid dan melaporkan ketidakstabilan sternum. SIS memiliki validitas kriteria yang sangat baik. Selain itu pemeriksaan fisik sternum dan skrining ketidakstabilan sternum menggunakan SIS menghasilkan Intra-Rater . yang sangat baik. SIS dinilai memberikan metode fisik yang konsisten dan terstandarisasi penilaian untuk menyaring dan memantau stabilitas sternum.

SIS merupakan alat penilaian klinis manual praktis yang membutuhkan minimal pelatihan dan dapat dikelola oleh profesional kesehatan untuk tujuan skrining dan diagnosis, memantau perbaikan keadaan pasien setelah manajemen konservatif atau bedah. Lebih penting lagi, SIS memfasilitasi pelaporan yang terstandarisasi dan konsisten antara profesional kesehatan dan mendorong rujukan awal ke medis dan praktisi bedah untuk ditinjau dan intervensi tepat waktu. SIS adalah skala klinis yang valid dan andal yang memfasilitasi penilaian, skrining dan diagnosis ketidakstabilan sternum pada operasi jantung melalui sternotomi median (El-Ansary, Waddington and Adams, 2007a; El-Ansary *et al.*, 2018).

Pemeriksaan fisik pada sternum untuk menilai stabilitas dilakukan dengan menggunakan *The Modified Sternal Instability Scale* dari El-Anshary. Pemeriksaan dilakukan dengan beberapa tes fisik diantaranya penekanan pada tulang sternum untuk mengidentifikasi bunyi “klik”, gerakan ekstremitas atas berupa rotasi, fleksi, abduksi, adduksi; uji batuk. Pemeriksaan tersebut akan di nilai gradasinya 0-3.

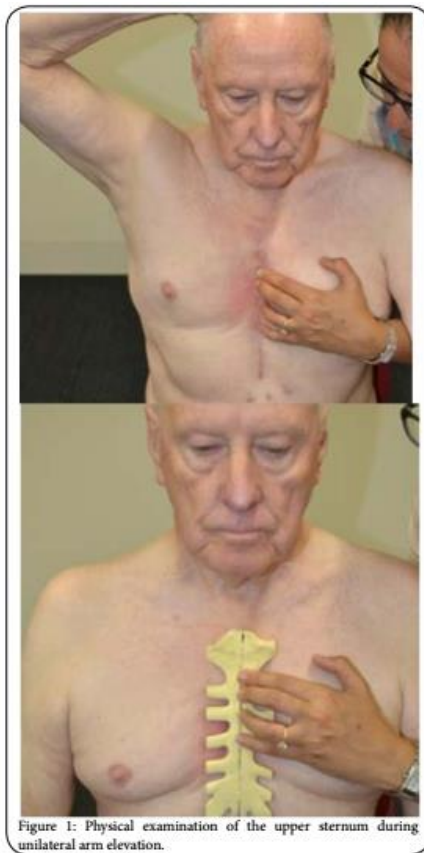
Cara Pemeriksaan Stabilitas Sternum

a. Palpasi pada tulang sternum pada saat pasien melakukan :

- Fleksi Bahu (unilateral dan bilateral)
- Gerakan tubuh fleksi atau rotasi
- Batuk dan inspirasi/ekspirasi dalam

b. Selanjutnya melakukan pemeriksaan dengan gerakan kombinasi bahu yang berbeda misalnya bahu kanan melakukan fleksi dan rotasi eksternal sementara bahu kiri rotasi internal dengan meluruskan bahu

c. Selama gerakan dicatat gradasi gerakan, jarak pergeseran tulang dan nyeri dengan menggunakan skala observasi nyeri diatas.



Gambar 22. Pemeriksaan stabilitas sternum (SIS)

Table 1: The Sternal Instability Scale (SIS).

Grades of Motion	Sternal Instability Scale
0	Clinically stable sternum (no detectable motion) - normal
1	Minimally separated sternum (slight increase in motion upon special testing# - upper limbs, trunk)
2	Partially separated sternum- regional (moderate increase in motion upon special testing#)
3	Completely separated sternum- entire length (marked increase in motion upon special testing#)

special testing includes shoulder flexion (unilateral/bilateral), trunk lateral flexion or rotation, coughing and opposing movements of the upper limbs (e.g. flexion, abduction and external rotation of one upper limb accompanied by extension, adduction and internal rotation of the other upper limb).

Tabel 1. Sternal Instability Scale (SIS) oleh El-Anshary et.al(El-Ansary et al., 2018)

Sternal instability scale (SIS) adalah alat penilaian fisik klinis yang bertujuan untuk menilai stabilitas sternum dan menetapkan nilai yang sesuai dengan temuan pemeriksaan (Tabel 1). Ini didasarkan pada skala 4 poin bahwa grade 0 yang sesuai dengan sternum stabil secara klinis, tanpa gerakan atau pemisahan tepi sternum yang terdeteksi. Grade 3 yang sesuai dengan pemisahan sternum yang komplet dengan peningkatan gerakan yang nyata atau pemisahan tepi sternum (El-Ansary *et al.*, 2000, 2018).

2.8 Derajat Nyeri

Komplikasi yang paling sering dialami pasien pasca operasi bedah jantung adalah nyeri pasca sternotomi. Nyeri kronik pasca sternotomi didefinisikan sebagai nyeri yang muncul setelah tindakan pembedahan dan menetap baik secara intermiten atau terus menerus lebih dari 3 bulan (Haefeli and Elfering, 2006; Binti and Ali, 2017).

Beberapa faktor yang dapat menjadi penyebab timbulnya dari nyeri kronik pasca sternotomi ini antara lain infeksi pasca operasi, instabilitas sternum, trauma muskuloskeletal maupun neural pada pembedahan, intercostal neuralgia akibat cedera saraf saat prosedur pengambilan arteri mammae interna pada operasi (Binti and Ali, 2017; Hautalahti, 2019).

Nyeri merupakan respon fisiologis terhadap kerusakan jaringan dan juga mempengaruhi respon emosional dan tingkah laku berdasarkan pengalaman nyeri seseorang dimasa lalu dan persepsi terhadap nyeri. Penilaian skala nyeri dapat dibagi atas pasien yang memiliki kemampuan verbal dan dapat melaporkan sendiri rasa sakitnya (*self reported*) dan pasien dengan ketidakmampuan verbal baik karena terganggu kognitifnya, dalam keadaan tersedasi, ataupun berada dalam mesin ventilator (Hota *et al.*, 2018; Karcioğlu, 2018).

Penilaian nyeri pascabedah pada pasien dewasa umumnya menggunakan *Numerical Rating Scale* (NRS). *Numerical Rating Scale* (NRS) adalah ukuran unidimensional intensitas nyeri pada orang dewasa. NRS mudah didokumentasikan, dapat ditafsirkan secara intuitif, dan memenuhi persyaratan peraturan untuk penilaian dan dokumentasi nyeri. NRS merupakan versi numerik

tersegmentasi dari visual analogue scale (VAS) dimana responden memilih bilangan bulat (0 hingga 10) yang paling mencerminkan intensitas rasa sakit mereka. NRS merupakan skala berupa bar atau garis horizontal dengan 11 poin tunggal dengan 0 menunjukkan tidak ada rasa sakit dan 10 mencerminkan rasa sakit yang paling buruk (nyeri terberat) (Hawker *et al.*, 2011; Karcioğlu, 2018).

NRS juga dapat digunakan pada anak-anak yang mampu memahami angka, biasanya pada anak – anak umur 8 tahun keatas. Skor nyeri diinterpretasikan sebagai:

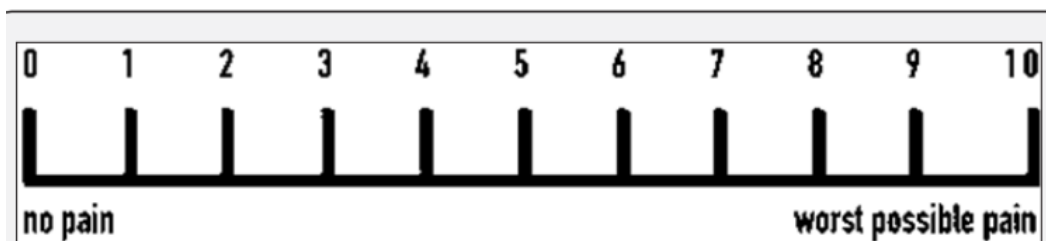
0 : tidak ada nyeri

1-3 : nyeri ringan

4-6 : nyeri sedang

7-10 : nyeri berat

NRS adalah instrumen yang digunakan untuk mengukur intensitas rasa sakit dan telah divalidasi. Berat ringannya rasa sakit atau nyeri dibuat menjadi terukur dengan mengobyektifkan pendapat subyektif nyeri. Skala ini sederhana, mudah dimengerti, sensitif terhadap dosis, jenis kelamin dan perbedaan etnis. NRS lebih baik daripada VAS terutama untuk menilai nyeri akut (Haefeli and Elfering, 2006; Karcioğlu, 2018).



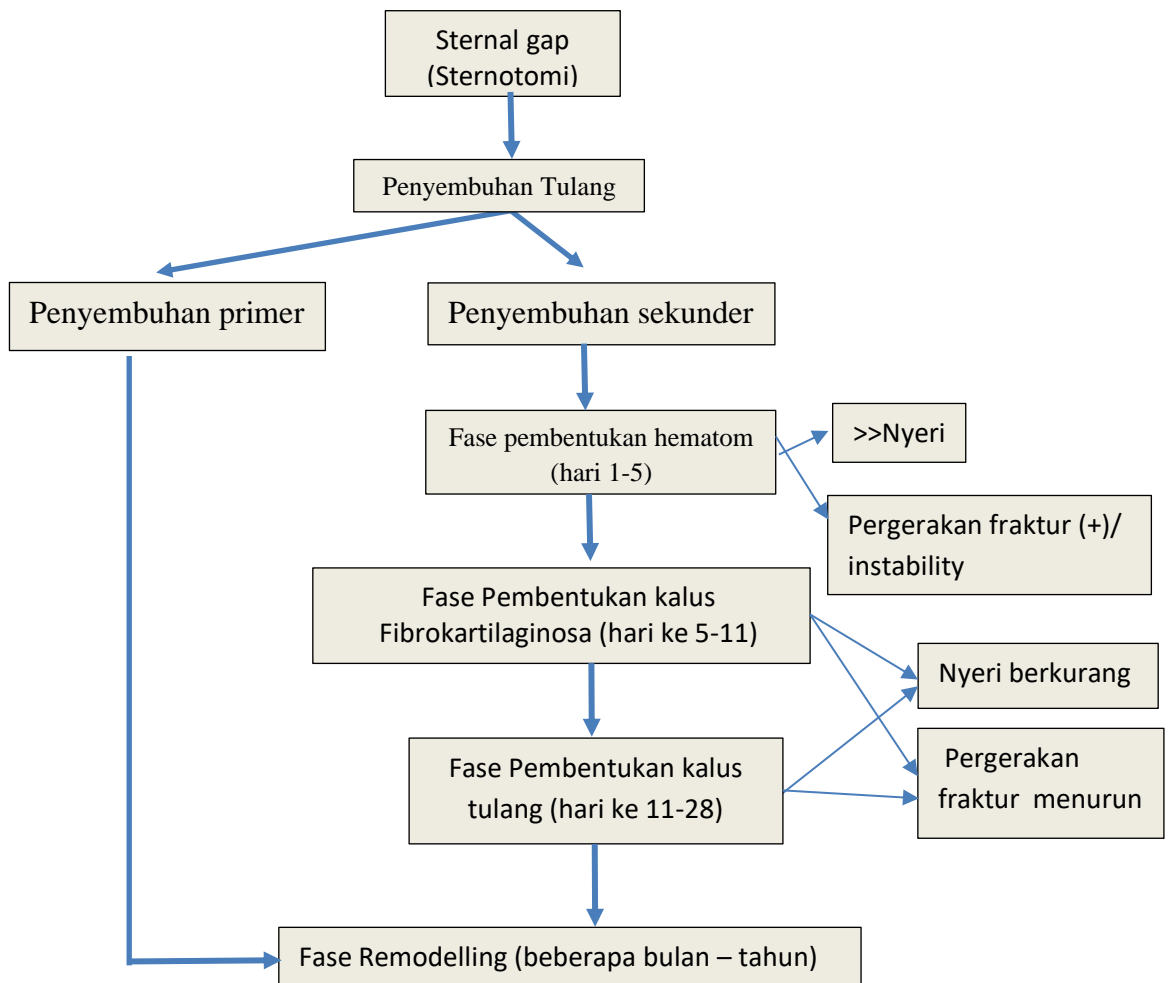
Gambar 23. Numerical Rating Scale (Karcioğlu, 2018)

BAB III

KERANGKA PENELITIAN

3.1 Kerangka Teori

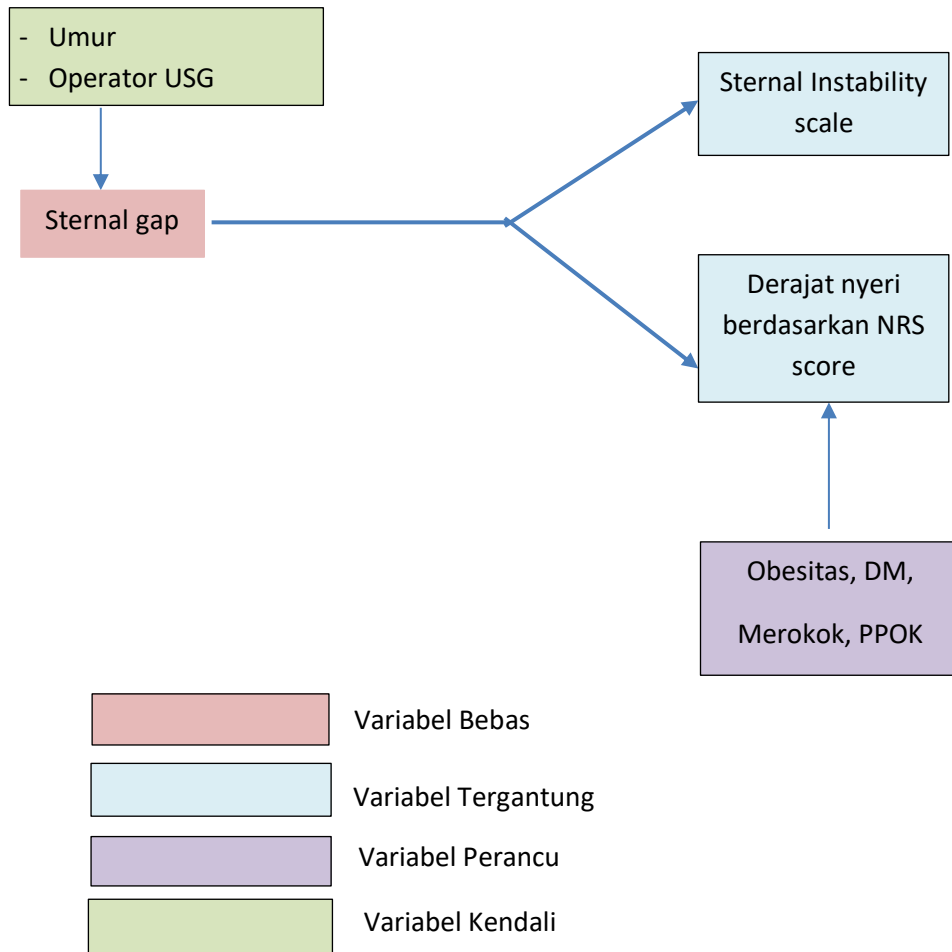
Kerangka teori dalam penelitian ini dapat digambarkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 24. Kerangka teori penelitian

3.2 Kerangka Konsep

Kerangka konsep dalam penelitian ini dapat digambarkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 25. Kerangka konsep penelitian