

TUGAS AKHIR - DP234844

Pengembangan *Skoliosis Brace* dengan Sistem *Adjustable* untuk Mendukung Aktivitas Harian Pasien

Muhammad Ihsanul Fikri

NRP 5028221001

Dosen Pembimbing

Ahmad Rieskha Harseno, S.T., M.Ds.

NIP 2022199311033

Program Studi S-1 Desain Produk

Departemen Desain Produk

Fakultas Desain Kreatif dan Bisnis Digital

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2026



TUGAS AKHIR - DP234844

Pengembangan *Skoliosis Brace* dengan Sistem *Adjustable* untuk Mendukung Aktivitas Harian Pasien

Muhammad Ihsanul Fikri

NRP 5028221001

Dosen Pembimbing

Ahmad Rieskha Harseno, S.T., M.Ds.

NIP 2022199311033

Program Studi S-1 Desain Produk

Departemen Desain Produk

Fakultas Desain Kreatif dan Bisnis Digital

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2026



FINAL PROJECT - DP234844

Development of a Scoliosis Brace with an Adjustable System to Support Patient's Daily Activities

Muhammad Ihsanul Fikri

NRP 5028221001

Advisor

Ahmad Rieskha Harseno, S.T., M.Ds.

NIP 2022199311033

Study Program Bachelor of Product Design

Department of Product Design

Faculty of Creative Design and Digital Business

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2026

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

Pengembangan Skoliosis Brace dengan Sistem Adjustable untuk Mendukung Aktivitas Harian Pasien

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Desain pada
Program Studi S-1 Desain Produk
Departemen Desain Produk
Fakultas Desain Kreatif dan Bisnis Digital
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : MUHAMMAD IHSANUL FIKRI
NRP. 5028221001

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ahmad Rieskha Harseno, S.T., M.Ds.
2. Ellya Zulaikha, S.T., M.Sn., Ph.D.
3. Katon Ageng Rezkita S.Ds., M.Sc.

Pembimbing

Penguji 1

Penguji 2



SURABAYA

Juli, 2026

APPROVAL SHEET

APPROVAL SHEET

*Development of a Scoliosis Brace with an Adjustable System
to Support Patient's Daily Activities*

FINAL PROJECT

Submitted in fulfillment one of the requirements
for obtaining a degree Bachelor of Design (S.Ds) at
Undergraduate Study Program of S-1 Product Design
Department of Industrial Design
Faculty of Creative Design and Digital Business
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By : Muhammad Ihsanul Fikri

NRP. 5028221001

Approved by the Final Project Examiner Team:

1. Ahmad Rieskha Harseno, S.T., M.Ds.

Advisor

2. Ellya Zulaikha, S.T., M.Sn., Ph.D.

Examiner

3. Katon Ageng Rezkita S.Ds., M.Sc.

Examiner

SURABAYA

Juli, 2026

PERNYATAAN ORISINALITAS

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Muhammad Ihsanul Fikri/5028221001
Program studi : S-1 Desain Produk
Dosen Pembimbing / NIP : Ahmad Reiskha Harseno, S.T., M.Ds. /2022199311033

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "PENGEMBANGAN SKOLIOSIS BRACE DENGAN SISTEM ADJUSTABLE UNTUK Mendukung Aktivitas HARIAN PASIEN" adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 28 Juli 2024

Mengetahui
Dosen Pembimbing

Ahmad Reiskha Harseno, S.T., M.Ds.
NIP. 2022199311033



Muhammad Ihsanul Fikri
NRP.5028221001

STATEMENT ORIGINALITY

STATEMENT ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of Student / NRP : Muhammad Ihsanul Fikri / 5028221001
Department : Industrial Design
Advisor / NIP : Ahmad Reiskha Harseno, S.T., M.Ds. /2022199311033

Hereby declare that the Final Project entitled: "Development of a Scoliosis Brace with an Adjustable System to Support Patient's Daily Activities" is my own work, original in nature, and written in accordance with the applicable academic writing standards.

Should any discrepancy with this statement be found in the future, I am willing to accept any sanctions in accordance with the regulations enforced at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, July 31st, 2026

Adknowledge
Advisor

Ahmad Reiskha Harseno, S.T., M.Ds..
NIP. 2022199311033



Student
Muhammad Ihsanul Fikri
NRP. 5028221001

ABSTRAK

PENGEMBANGAN SKOLIOSIS BRACE DENGAN SISTEM ADJUSTABLE UNTUK MENDUKUNG AKTIVITAS HARIAN PASIEN

Nama Mahasiswa / NRP : Muhammad Ihsanul Fikri/5028221001
Departemen : Desain Produk
Dosen Pembimbing : Ahmad Reiskha Harseno, S.T., M.Ds.

Abstrak

Penanganan *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS) secara non-operatif sangat bergantung pada peran ortosis(*brace*) guna menjaga stabilitas tulang belakang. Kendala utama pada ortosis konvensional adalah desain yang statis, dimana sistem ini tidak mampu mengakomodasi perubahan dimensi tubuh akibat *growth spurt* yang menyebabkan inefisiensi biaya dan rendahnya kepatuhan pasien. Pada penelitian ini, dilakukan pengembangan desain ortosis tipe *Thoracolumbosacral Orthosis* (TLSO) dengan sistem mekanis yang dapat beradaptasi terhadap pertumbuhan tinggi dan lingkar tubuh. Pendekatan *Design Thinking* digunakan sebagai kerangka kerja utama untuk memodelkan solusi permasalahan. Parameter dimensi desain dianalisis berdasarkan data antropometri remaja Indonesia serta prinsip biomekanika *three-point pressure*. Model visual dikembangkan menggunakan perangkat lunak CAD (*Computer-Aided Design*) untuk membuat kustomisasi komponen. Hasil perancangan menunjukkan bahwa integrasi sistem *adjustable* pada struktur *brace* mampu memperpanjang masa pakai produk dan meningkatkan kenyamanan fisik melalui penggunaan material berongga(*breathable*) serta profil yang lebih ergonomis.

Kata kunci: *Adjustable system, AIS, Design thinking, Orthosis, Scoliosis brace.*

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A SCOLIOSIS BRACE WITH AN ADJUSTABLE SYSTEM TO SUPPORT PATIENT'S DAILY ACTIVITIES

Student Name / NRP : **Muhammad Ihsanul Fikri/5028221001**
Department : **Desain Produk**
Advisor : **Ahmad Reiskha Harseno, S.T., M.Ds.**

Abstract

Non-surgical management of Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS) relies heavily on orthoses (braces) to maintain spinal stability. The main limitation of conventional orthoses is their static design, which fails to accommodate changes in body dimensions due to growth spurts, leading to cost inefficiency and low patient compliance. In this study, we developed a Thoracolumbosacral Orthosis (TLSO) design featuring a mechanical system capable of adapting to changes in height and body circumference. The Design Thinking approach was used as the primary framework for modeling solutions to the problem. Design dimension parameters were analyzed based on anthropometric data from Indonesian adolescents and the biomechanical principle of three-point pressure. A visual model was developed using CAD (Computer-Aided Design) software to customize components. The design results show that integrating an adjustable system into the brace structure extends the product's lifespan and enhances physical comfort through the use of breathable materials and a more ergonomic profile.

Keywords: *Adjustable system, AIS, Design thinking, Orthosis, Scoliosis brace.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Pengembangan Skoliosis Brace dengan Sistem Adjustable untuk Mendukung Aktivitas Harian Pasien”. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Desain Produk, Fakultas Desain Kreatif dan Bisnis Digital, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar besarnya kepada:

1. Bapak Ahmad Rieskha Harseno, S.T., M.Ds. selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan arahan dan masukan selama proses penyusunan tugas akhir ini.
2. Ibu Ellya Zulaikha, S.T., M.Sn., Ph.D dan Bapak Katon Ageng Rezkita, S.Ds., M.Sc. sebagai dosen penguji yang telah memberikan saran dan evaluasi terhadap pengerjaan tugas akhir.
3. Seluruh dosen dan staf Program Studi Desain Produk ITS, atas dedikasi dalam memberikan bekal ilmu pengetahuan serta penyediaan fasilitas pendukung yang sangat membantu penulis selama menempuh masa studi.
4. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan dukungan secara moril dan material sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik. Tidak lupa juga kakak-kakak sepupu dan adik penulis yang telah mendukung kelancaran tugas akhir ini.
5. Mas Awan selaku praktisi ortotik dan prostetik yang sangat membantu penulis dalam penyusunan tugas akhir ini
6. Teman teman dekat penulis yaitu, Ido, Tomi, Emil, Adit, Yusuf, Hakim, Devan, Senja, Novan, Tista, Anne yang selalu memberikan dukungan dan do’a dalam setiap langkah penulis.
7. Teman – teman DP 28 dan pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
8. Kartika Amalia yang telah menemani dan memberikan dukungan kepada penulis selama penyusunan tugas akhir ini, serta menjadi bagi partner penulis sejak awal perkuliahan hingga akhir perjalanan penulis dalam menempuh studi ini. Terima kasih karena telah hadir dalam hari-hari penulis, menjadi partner bagi penulis dalam membuat memori, menasihati penulis ketika melakukan kesalahan, serta membantu penulis melewati berbagai proses hingga akhirnya menyelesaikan tugas akhir ini.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
APPROVAL SHEET	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
STATEMENT ORIGINALITY	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GRAFIK	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1.1 Kasus Skoliosis	1
1.1.2 Penanganan <i>Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS)</i> di Indonesia	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Situasi dan Kondisi	4
2.1.1 Definisi dan Jenis Skoliosis	4
2.1.2 Prevalensi Skoliosis di Dunia dan di Indonesia	5
2.1.3 Resiko dan Faktor Progresivitas Skoliosis	7
2.2 Tinjauan Teori Terkait	8
2.2.1 Anatomi Tulang Belakang Manusia	8
2.2.2 Definisi dan Fungsi Orthosis	10
2.2.3 Klasifikasi Orthosis Berdasarkan Mekanisme Kontrol Gerak	11
2.2.4 Biomekanika Koreksi	13
2.2.5 Data Antropometri Remaja di Indonesia	15
2.2.6 Fisiologi Pertumbuhan dan Maturitas Skeletal	15
2.3 Tinjauan Regulasi dan Standarisasi Medis	16

2.3.1	Standar Biokompatibilitas Material.....	16
2.3.2	Klasifikasi Alat Kesehatan (Kemenkes RI).....	16
2.4	Tinjauan Aspek Teknis dan Material.....	16
2.4.1	Mekanisme Sistem Penguncian dan Pengaturan (<i>Closure & Adjustment</i>)... 16	
2.4.2	Material Science	19
2.5	Tinjauan Studi Hasil Riset Sebelumnya	20
2.5.1	Efektivitas Klinis Penggunaan Brace	20
2.5.2	Studi Terkait Kepatuhan (<i>Compliance</i>) dan Masalah Psikososial	20
2.5.3	Korelasi Kenyamanan dengan Durasi Penggunaan.....	20
2.5.4	Urgensi Desain <i>Adjustable</i>	21
2.6	<i>Benchmarking</i> Produk	22
2.6.1	Tinjauan Produk Existing dan Kompetitor.....	21
BAB 3	METODOLOGI.....	22
3.1	Definisi Judul.....	22
3.2	Subyek dan Obyek Perancangan	22
3.3	Kerangka Analisis Konsep	22
3.4	Skema Perancangan Riset.....	25
3.5	Metode Pengumpulan Data	26
3.5.1	Data Primer.....	26
3.5.2	Data Sekunder	27
3.6	Metode Analisis Data	27
3.6.1	Studi Kebutuhan dan Pengalaman Pengguna	28
3.6.2	Studi Literatur.....	28
3.6.3	<i>Zoning</i> Fungsional Produk	29
3.7	Hasil Rekapitulasi Data	30
3.7.1	Rekapitulasi Data <i>In-Deep Interview</i>	30
BAB 4	STUDI DAN ANALISIS	32
4.1	Observasi Lapangan	32
4.2	Studi Produk Existing.....	33
4.3	Studi Standar dan Persyaratan Desain Produk	34
4.4	<i>Market Survey and Competitor Analys</i>	36
4.5	<i>Analisis Positioning Product</i>	37
4.6	<i>Analisis Market Gap</i>	38
4.7	<i>Analisis Kebutuhan</i>	40

4.7.1	Analisis Segmentasi Pengguna.....	40
4.7.2	<i>Customer Journey Mapping</i>	41
4.7.3	Persona	42
4.7.4	<i>Empathy Map</i>	44
4.7.5	<i>Affinity Diagram</i>	45
4.8	Analisis Ergonomi	45
4.8.1	Antropometri	45
4.8.2	Analisis Area Torakal.....	45
4.8.3	Analisis Area Pelvis	46
4.8.4	Analisis Ruang Pernapasan	46
4.8.5	Analisis Tinggi <i>Brace</i>	46
4.9	Analisis Pertumbuhan Pengguna	47
4.9.1	<i>Growth Spurt</i> Pada Pasien AIS.....	47
4.9.2	Perubahan Dimensi Tubuh	47
4.10	Analisis Biomekanika Koreksi	48
4.10.1	Three-Points Pressure System	48
4.10.2	<i>Triplanar Control</i>	48
4.10.3	<i>Expansion Room</i>	48
4.11	<i>Concept Board</i>	49
4.11.1	Mood board	49
4.11.2	Imageboard	50
4.12	Analisis <i>Zoning</i> Fungsional Produk	51
4.12.1	Zona Koreksi	52
4.12.2	Zona Adaptasi Fisiologis.....	53
4.12.3	Zona Penyesuaian(<i>Adjustable</i>)	53
4.12.4	Zona Interaksi	53
4.13	Analisis Alur Penggunaan <i>Brace</i>	53
4.14	Analisis Komponen Produk.....	53
4.15	Analisis Sistem <i>Adjustable</i>	55
4.15.1	Analisis Mekanisme <i>Vertical Adjustment</i>	55
4.15.2	Analisis Mekanisme <i>Circumference Adjustment</i>	55
4.15.3	Analisis Sistem Penguncian.....	56
4.15.4	Analisis Joint	56
4.16	Analisis Material	56

4.16.1	Material Struktur Utama	56
4.16.2	Material <i>Padding</i>	57
4.17	Analisis Produksi	57
4.17.1	Analisis Metode Pembuatan Produk	58
4.17.2	Analisis Perakitan Produk	58
4.18	HPP dan Harga Jual	59
4.19	<i>Business Model Canvas(BMC)</i>	60
4.20	<i>Design Requirement and Objective(DR&O)</i>	61
BAB 5	IMPLEMENTASI DESAIN DAN PEMBAHASAN	63
5.1	Implementasi Konsep Desain	63
5.2	Eksplorasi Sketsa Ideasi	64
5.3	Alternatif Desain	66
5.3.1	Alternatif desain 1	66
5.3.2	Alternatif desain 2	67
5.3.3	Alternatif desain 3	68
5.3.4	Alternatif desain terpilih	68
5.4	Pengembangan Desain	70
5.4.1	Pengembangan Struktur <i>Brace</i>	70
5.4.2	Pengembangan Sistem <i>Adjustable</i>	71
5.4.3	Pengembangan Sistem Penguncian	71
5.4.4	Pengembangan Material	72
5.5	3D Modeling dan Rendering	73
5.6	<i>Prototype</i> Produk	74
5.7	<i>User Testing</i>	75
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN	77
6.1	Kesimpulan	77
6.2	Saran	77
DAFTAR PUSTAKA		79
LAMPIRAN		82
LAMPIRAN 1 Logbook Bimbingan		82
LAMPIRAN 2 Dokumentasi <i>In-Dept Interview</i>		85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar Rontgen Tulang Belakang Manusia	8
Gambar 2.2 Gambar Struktur tulang belakang manusia	9
Gambar 2.3 Gambar Rontgen Tulang Belakang Skoliosis.....	10
Gambar 2.4 Ortosis lumbosakral konvensional	11
Gambar 2.5 TLSO: flexion control Jewett style. (A) Jewett brace. (B) Jewett brace components.....	12
Gambar 2.6 TLSO: flexion control, CASH style. (A) Anterior. (B) CASH brace components.....	12
Gambar 2.7 Gambar (A)Rigid Triplanar TLSO (Boston Brace), (B) Soft Triplanar TLSO (SpineCor)	13
Gambar 2.8 Gambar Mekanisme Buckle & Strap.....	17
Gambar 2.9 Gambar Sistem Reel-Knob.....	17
Gambar 2.10 Gambar Peak Adjustable Scoliosis Bracing System	18
Gambar 2.11 Gambar sistem Magnetic Quick-release buckle	19
Gambar 3.1 Analisis Konsep Dynamic Comfort.....	23
Gambar 3.2 Analisis Konsep Dynamic Comfort.....	24
Gambar 3.3 Analisis Konsep Dynamic Comfort.....	24
Gambar 3.4 Alur Skema Perancangan	25
Gambar 3.5 Zoning Fungsional Produk	29
Gambar 4.1 Dokumentasi penggunaan brace.....	32
Gambar 4.2 Dokumentasi aktivitas pengguna saat menggunakan brace	33
Gambar 4.3 Matrix 2x2	38
Gambar 4.4 User Buyer Persona	43
Gambar 4.5 User Persona	44
Gambar 4.6 Empathy map.....	45
Gambar 4.7 Affinity Diagram	45
Gambar 4.8 Mood board	50
Gambar 4.9 Image board.....	51
Gambar 4.10 Analisis Zoning Fungsional.....	52
Gambar 4.11 Business Model Canvas.....	60
Gambar 5.1 Sketsa Ideasi	66
Gambar 5.2 Alternatif Desain 1	66
Gambar 5.3 Alternatif Desain 2	67
Gambar 5.4 Alternatif Desain 3	68
Gambar 5.5 Gambar Struktur Panel Brace.....	70
Gambar 5.6 Gambar Pengembangan Vertical & Circumference Adjustment	71
Gambar 5.7 Sistem quick-release buckle	72
Gambar 5.8 Hasil Printing Polypropylene	72
Gambar 5.9 Material Spacer Mesh.....	73
Gambar 5.10 Material Aluminium 6061	73
Gambar 5.11 3D Model dan Rendering	74
Gambar 5.12 Dokumentasi Prototype produk.....	75
Gambar 5.13 User Testing Prototype.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan Data Prevalensi Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS)	6
Tabel 2.2 Data Antropometri Remaja Perempuan Indonesia	15
Tabel 2.3 Benchmarking Produk	21
Tabel 3.1 Definisi Judul Perancangan	22
Tabel 3.2 Data Responden In-deep Interview	30
Tabel 3.3 Rekapitulasi Data Primer In-deep Interview	30
Tabel 4.1 Benchmark Produk Existing	33
Tabel 4.2 Benchmark Produk Existing	36
Tabel 4.3 Penilaian dengan MSCA	36
Tabel 4.4 Analisis Desain Gap	39
Tabel 4.5 Tabel Analisis AIO	40
Tabel 4.6 Customer Journey Mapping	41
Tabel 4.7 Antropometri Torakal	46
Tabel 4.8 Antropometri Pelvis	46
Tabel 4.9 Antropometri Ruang Pernapasan	46
Tabel 4.10 Antropometri Tinggi Brace	46
Tabel 4.11 Pertumbuhan Tinggi Badan Remaja Perempuan	47
Tabel 4.12 Perubahan Dimensi Tubuh Remaja Perempuan Indonesia	47
Tabel 4.13 Tabel Analisis Zoning Fungsional	51
Tabel 4.14 Analisis Alur Penggunaan Brace	53
Tabel 4.15 Tabel Komponen Produk	54
Tabel 4.16 Analisis Mekanisme Vertical Adjustment	55
Tabel 4.17 Analisis Mekanisme Circumference Adjustment	55
Tabel 4.18 Analisis Sistem Penguncian	56
Tabel 4.19 Analisis Joint	56
Tabel 4.20 Analisis Material Struktur Utama	57
Tabel 4.21 Analisis Material Padding	57
Tabel 4.22 Tabel Penilaian FDM Printing	58
Tabel 4.23 Tabel Penilaian Vacuum Forming	58
Tabel 4.24 Tabel Penilaian CNC Machining	58
Tabel 4.25 Tabel Perakitan Komponen Produk	59
Tabel 4.26 Tabel HPP Produk	59
Tabel 4.27 Tabel DR&O	61

DAFTAR GRAFIK

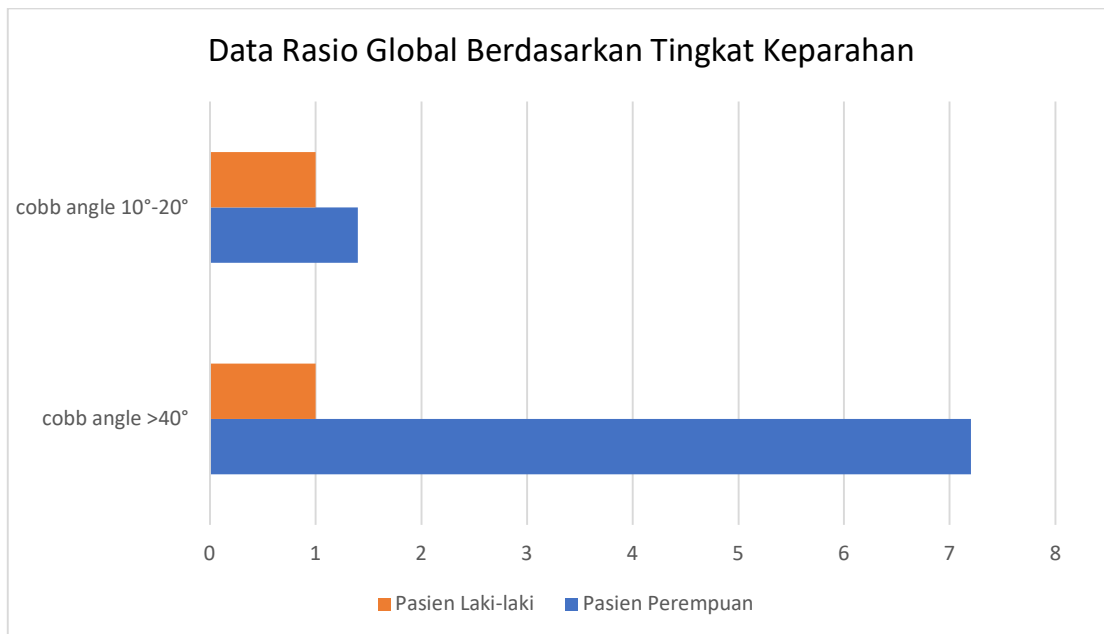
Grafik 1.1 Grafik Data Perbandingan Jumlah Pasien dan besar sudut kelengkungannya ..	1
Grafik 2.1 Grafik Data Perbandingan Jumlah Pasien dan besar sudut kelengkungannya ..	5
Grafik 2.2 Grafik Perbandingan Jumlah Pasien di Surabaya dan Surakarta	6

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.1.1 Kasus Skoliosis

Prevalensi skoliosis, khususnya *Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS)*, semakin banyak diteliti di Indonesia. Di Surabaya, skrining sekolah pada anak usia 9–16 tahun menunjukkan prevalensi AIS sebesar 2,93% dengan rasio perempuan terhadap laki-laki 4,7:1, menggunakan *forward bending test (FBT)* dan *scoliometer* dengan *cut-off* 7° sebagai metode deteksi yang efektif (Komang-Agung et al., 2017). Di Surakarta, prevalensi AIS pada siswa usia 12–15 tahun mencapai 3,4% pada perempuan dan 0,3% pada laki-laki, dengan faktor risiko yang meliputi usia, jenis kelamin, kebiasaan, serta aktivitas fisik (Ramadhani et al., 2024). Tingginya angka pada temuan lokal ini sejalan dengan data meta-analisis global yang menunjukkan bahwa prevalensi skoliosis remaja di seluruh dunia berada pada kisaran 0,47-5,2%, dengan kecenderungan jauh lebih tinggi pada perempuan dan meningkat seiring pertambahan usia (Suprayogi et al., 2020).



Grafik 1.1 Grafik Data Perbandingan Jumlah Pasien dan besar sudut kelengkungannya
(sumber: Olahan Penulis, 2026)

Skoliosis idiopatik pada remaja cenderung lebih banyak dialami oleh perempuan, khususnya saat memasuki masa pubertas. Berbagai faktor seperti riwayat genetik, kondisi biomekanik tubuh, pola postur sehari-hari, hingga rendahnya tingkat aktivitas fisik diduga turut mempengaruhi munculnya kelainan ini. Di Indonesia, ketersediaan data skrining masih cukup minim, sehingga studi dan survei di tingkat lokal sangat dibutuhkan untuk memperkuat pemahaman, meningkatkan kesadaran, serta mendukung upaya deteksi dini skoliosis (Ramadhani et al., 2024).

1.1.2 Penanganan *Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS)* di Indonesia

Penanganan *Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS)* di Indonesia umumnya mengikuti standar internasional dengan penyesuaian pada kondisi lokal, mencakup penanganan

konservatif hingga prosedur bedah. Pendekatan non bedah meliputi penggunaan *brace* seperti TLSO dan berbagai *rigid brace*, (seperti *boston brace* dan *milwaukee brace*) untuk mencegah pogresi kurva pada pasien dengan *Cobb angle* 20-40°. Latihan khusus atau *Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercise (PSSE)*, seperti metode *schorth*, *Scientific Exercises Approach to Scoliosis (SEAS)*, dan latihan penguatan otot inti, terbukti efektif membantu perbaikan sudut kurva dan meningkatkan kualitas hidup. Terapi manual, latihan *mind-body*, serta rehabilitasi multimodal sering dikombinasikan dengan *bracing* atau PSSE untuk hasil yang lebih optimal. Pemantauan kepatuhan pemakaian *brace* melalui sensor, serta edukasi dan konseling, juga menjadi bagian penting dari penanganan konservatif. Pada kasus dengan kurva lebih dari 40–50° atau yang tetap mengalami progresi meski sudah menjalani terapi non-bedah, tindakan operatif mulai dipertimbangkan. Prosedur yang paling umum digunakan adalah *posterior spinal fusion* (PSF), meskipun teknik minimal invasif dan *vertebral body tethering* (VBT) mulai dikembangkan untuk kasus tertentu. Secara keseluruhan, penanganan AIS di Indonesia mencakup kombinasi *bracing*, latihan spesifik, rehabilitasi, pemantauan kepatuhan, serta intervensi bedah pada kondisi berat, dengan inovasi seperti *brace* berbasis CAD/CAM dan sensor monitoring yang perlahan mulai diadopsi guna meningkatkan efektivitas terapi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Desain *brace* konvensional terlalu kaku sehingga menimbulkan ketidaknyamanan fisik yang memengaruhi tingkat kepatuhan penggunaan.
2. Ukuran *brace* konvensional yang statis kurang mampu mengakomodasi pertumbuhan dimensi tubuh pengguna selama masa pertumbuhan.
3. Profil *brace* yang *bulky* dan minim ventilasi dapat mengganggu aktivitas harian dan menurunkan tingkat kepercayaan diri pengguna.
4. Mekanisme penguncian dan penyesuaian pada *brace* konvensional masih kurang mendukung penggunaan secara mandiri.

1.3 Batasan Masalah

1. **Tipologi Produk:** Pengembangan desain dibatasi pada jenis *Thoraco-Lumbo-Sacral Orthosis (TLSO)* yang digunakan untuk memberikan koreksi pada area torakal, lumbal, hingga sakrum.
2. **Target Pengguna:** Subjek penelitian difokuskan pada remaja perempuan penderita *Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS)* berusia 10-18 tahun yang masih berada pada masa pertumbuhan dan memiliki pola kurva “S” dengan derajat kelengkungan ringan hingga sedang (*Cobb Angle* 20°–40°), serta direkomendasikan menjalankan terapi menggunakan TLSO.
3. **Sistem Kostumisasi Produk:** Pengembangan desain menggunakan pendekatan *hybrid* yang menggabungkan komponen *made-to-fit* dan komponen terstandarisasi. Panel atas dan panel bawah *brace* dirancang secara spesifik berdasarkan bentuk tubuh dan kebutuhan area koreksi pasien, sedangkan struktur tengah dikembangkan sebagai komponen terstandarisasi (universal) dengan sistem *adjustable* untuk mengakomodasi rentang dimensi tubuh target pengguna.
4. **Mekanisme Adjustment:** Sistem penyesuaian (*adjustable*) dibatasi pada pengaturan tingkat kekencangan (*tensioning*) dan penyesuaian tinggi *brace* untuk mengakomodasi perubahan antropometri selama masa pertumbuhan.

5. **Material:** Material yang digunakan dibatasi pada material *rigid* sebagai struktur utama koreksi dan material *breathable*(berongga) sebagai bantalan yang bersentuhan langsung dengan kulit.

1.4 Tujuan

1. Mengembangkan desain TLSO dengan pendekatan *hybrid modular* yang menggabungkan panel *made-to-fit* sesuai dengan dimensi tubuh dan karakter pola kurva S pasien dengan struktur tengah terstandarisasi yang dapat disesuaikan
2. Mengembangkan sistem *adjustable* yang memungkinkan penyesuaian vertikal dan tingkat kekencangan terhadap kebutuhan penggunaan serta perubahan dimensi tubuh pengguna selama masa pertumbuhan.
3. Mengembangkan desain *brace* yang mendukung kenyamanan dalam aktivitas harian dengan pengaturan sirkulasi udara dan penggunaan material bantalan pada area tertentu.
4. Mengembangkan *brace* dengan profil yang lebih ramping (tidak *bulky*) dan tidak mengganggu aktivitas harian pengguna, khususnya selama kegiatan bersekolah.
5. Mengembangkan mekanisme penguncian atau pengaturan tingkat kekencangan yang mudah dioperasikan secara mandiri oleh pengguna atau dengan pendamping.

1.5 Manfaat

- 1) Mendukung kenyamanan dan meningkatkan kepatuhan (*compliance*) pengguna remaja melalui pengembangan desain yang mempertimbangkan kebutuhan aktivitas harian pasien.
- 2) Memperpanjang masa pakai produk karena brace dapat dibesarkan atau disesuaikan mengikuti pertumbuhan badan, sehingga lebih efisien secara biaya.
- 3) Mengurangi risiko masalah kulit (iritasi/biang keringat) akibat penggunaan material yang lebih *breathable*.
- 4) Membantu proses koreksi tulang belakang yang lebih efektif karena brace dapat dipakai secara konsisten saat beraktivitas sehari-hari.
- 5) Mendukung kemandirian pengguna dalam memakai, melepas, dan mengatur tingkat kekencangan *brace* melalui mekanisme penguncian yang lebih mudah dioperasikan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Situasi dan Kondisi

Bagian ini membahas pemetaan masalah secara menyeluruh yang meliputi data prevalensi skoliosis, analisis aktivitas dan perilaku pengguna, serta evaluasi terhadap kondisi produk dan faktor ekonomi yang melatarbelakangi urgensi pengembangan desain *brace* baru.

2.1.1 Definisi dan Jenis Skoliosis

Skoliosis adalah kelainan tulang belakang yang ditandai oleh kelengkungan lateral (menyamping) pada tulang belakang, sering kali disertai rotasi vertebrata. Kondisi ini dapat terjadi pada berbagai usia dan memiliki beberapa klasifikasi berdasarkan penyebab dan karakteristik klinis. Skoliosis didefinisikan sebagai deviasi lateral tulang belakang minimal 10° pada radiograf posterior-anterior, biasanya disertai rotasi vertebra (Janicki & Alman, 2007).

Sebagian besar kasus skoliosis tidak diketahui penyebab pastinya, atau dikenal sebagai skoliosis idiopatik. Meskipun demikian, kondisi ini tetap dapat dikelompokkan berdasarkan faktor penyebab dan usia saat kelengkungan mulai muncul. Skoliosis dapat diklasifikasikan berdasarkan etiologi (penyebab), bentuk kurva, dan lokasi kurva.

- 1) Berdasarkan Etiologi
 - a) Idiopatik
 - Tidak diketahui penyebab pastinya, paling sering ditemukan pada anak-anak hingga remaja (*Adolescent Idiopathic Scoliosis/AIS*) (Choudhry et al., 2016; Janicki & Alman, 2007).
 - Dapat dibagi lagi menjadi infantile (0–3 tahun), juvenile (4–9 tahun), dan adolescent (10 tahun hingga dewasa) (Choudhry et al., 2016; Janicki & Alman, 2007).
 - b) Kongenital

Disebabkan oleh kelainan bentuk tulang belakang sejak lahir akibat malformasi vertebra (Choudhry et al., 2016; Janicki & Alman, 2007).
 - c) Neuromuskular

Berhubungan dengan gangguan saraf atau otot, misalnya *cerebral palsy*, distrofi otot, spina bifida (Choudhry et al., 2016; Janicki & Alman, 2007).
 - d) Syndromic

Terkait dengan sindrom genetik tertentu seperti *Marfan syndrome*, *neurofibromatosis* (Choudhry et al., 2016; Janicki & Alman, 2007)
 - e) Degeneratif (Dewasa)

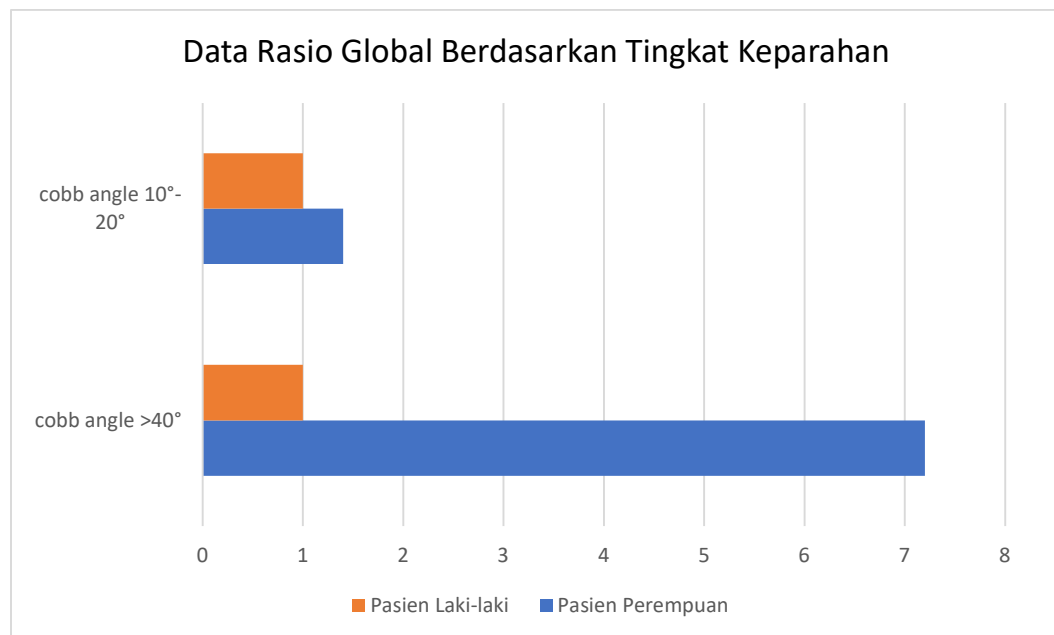
Terjadi akibat degenerasi diskus dan sendi facet pada usia lanjut (Aebi, 2005)
 - f) Fungsional/Non-struktural

Kelengkungan yang dapat dikoreksi sepenuhnya, misal akibat perbedaan panjang tungkai (Wynne - Davies, 1973).
- 2) Berdasarkan bentuk Kurva
 - a) *C-Shaped* (kurva tunggal)
 - b) *S-Shaped* (kurva ganda)
- 3) Berdasarkan Lokasi Kurva
 - a) Servikal

- b) Torakal
- c) Lumbal

2.1.2 Prevalensi Skoliosis di Dunia dan di Indonesia

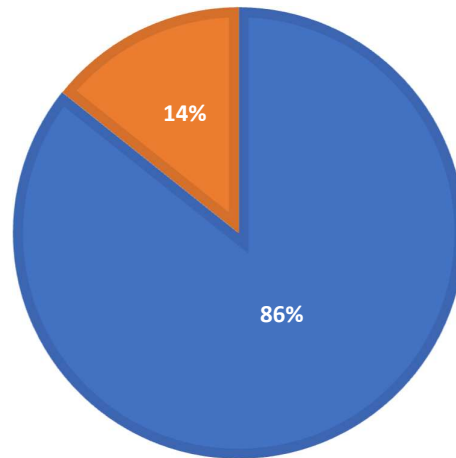
Skoliosis merupakan fenomena global dengan persentase 0,47% hingga 5,2% pada remaja (Konieczny et al., 2013). Dari persentase tersebut sekitar 85% merupakan kasus Skoliosis Idiopatik Remaja (*Adolescent Idiopathic Scoliosis/AIS*) dan mencakup 1-2% populasi di dunia (Ramadhani et al., 2024). Menurut Jurnal Ortopedi Malaysia (Komang-Agung et al., 2017) angka prevalensi ini bervariasi di berbagai belahan dunia tergantung pada negara, etnis, dan kriteria derajat kelengkungan (*cut-off*) yang digunakan dalam protokol skrining, yaitu mulai dari 0,5% (untuk *Cobb angle* 20°) hingga 7% (untuk *Cobb angle* 10°).



Grafik 2.1 Grafik Data Perbandingan Jumlah Pasien dan besar sudut kelengkungannya
(sumber: Olahan Penulis, 2026)

DATA GABUNGAN SKRINING PELAJAR (SURABAYA & SURAKARTA)

■ Jumlah Pasien Perempuan ■ Jumlah Pasien Laki laki



Grafik 2.2 Grafik Perbandingan Jumlah Pasien di Surabaya dan Surakarta
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

Tabel 2.1 Ringkasan Data Prevalensi Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS)
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

Cakupan / Wilayah	Tingkat Prevalensi	Karakteristik Demografi	Sumber Referensi
Global (Seluruh Dunia)	0,47% – 5,2%	Rasio penderita perempuan jauh lebih tinggi dibanding laki-laki, terutama pada kurva derajat besar.	(Konieczny et al., 2013; Suprayogi et al., 2020)
Regional (Asia)	2,25%	Rata-rata prevalensi populasi di kawasan benua Asia.	(Suprayogi et al., 2020)
Lokal (Surabaya, Indonesia)	2,93%	Skrining pelajar usia 9–16 tahun. Rasio perempuan berbanding laki-laki mencapai 4,7 : 1.	(Komang-Agung et al., 2017)
Lokal (Surakarta, Indonesia)	3,4% (Perempuan)	Skrining pelajar SMP usia 12–15 tahun. Faktor risiko dipengaruhi usia, gender, dan aktivitas.	(Ramadhani et al., 2024)
	0,3% (Laki-laki)		

Berdasarkan data epidemiologi global, perempuan terbukti lebih banyak mengalami kelainan *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS) dibandingkan dengan laki-laki, dengan rasio perbandingan mencapai 1,5 : 1 (Nofiyanto et al., 2025). Fakta demografis ini merupakan landasan dalam merancang alat bantu ortosis (*brace*), dari data tersebut didapatkan pengguna/user dari perancangan ini adalah anak-anak usia 10-18 tahun.

2.1.3 Resiko dan Faktor Progresivitas Skoliosis

Skoliosis Idiopatik Remaja (*Adolescent Idiopathic Scoliosis/AIS*) merupakan bentuk deformitas tulang belakang yang paling umum terjadi, dengan prevalensi 2-3% pada populasi remaja di seluruh dunia (Konieczny et al., 2013). Kondisi ini bukan sekadar masalah estetika; jika kurvatura berkembang secara progresif tanpa intervensi, hal ini dapat menyebabkan nyeri punggung kronis, penurunan fungsi paru, hingga disabilitas fisik di masa dewasa (Weinstein et al., 2008). Progresivitas atau tingkat keparahan skoliosis dipengaruhi oleh interaksi multifaktorial antara biomekanika dan pertumbuhan biologis.

Berdasarkan pedoman dari *International Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment* (SOSORT), terdapat beberapa faktor risiko utama yang memprediksi perkembangan dan tingkat keparahan kurva, antara lain:

1) Jenis Kelamin (Gender)

Jenis kelamin merupakan faktor prediktor yang signifikan terhadap keparahan kurva. Meskipun prevalensi skoliosis ringan (sudut Cobb $<20^\circ$) relatif seimbang antara laki-laki dan perempuan, risiko kurva untuk berkembang menjadi progresif dan memerlukan terapi *brace* jauh lebih tinggi pada perempuan. Rasio perempuan berbanding laki-laki meningkat drastis menjadi 8:1 untuk kurva yang melebihi 30 derajat (Konieczny et al., 2013).

2) Fase Pertumbuhan dan Maturitas Skeletal

Risiko pemburukan skoliosis berbanding lurus dengan sisa potensi pertumbuhan tulang. Periode paling kritis adalah saat fase pacu tumbuh (*peak height velocity*) di masa pubertas. Pasien dengan status maturitas skeletal yang rendah (Risser sign 0-2) memiliki risiko progresivitas kurva tiga kali lebih besar dibandingkan pasien yang pertumbuhan tulangnya sudah matang (Lonstein & Carlson, 1984). Hal ini menegaskan pentingnya intervensi *brace* dilakukan sedini mungkin sebelum pertumbuhan tulang berhenti.

3) Besar Sudut Kurva (Cobb Angle)

Derajat kemiringan awal saat diagnosis (Cobb Angle) berbanding lurus dengan risiko keparahan. Studi *Bracing in Adolescent Idiopathic Scoliosis Trial* (BRAIST) menetapkan bahwa kurva dengan besaran 20–40 derajat adalah indikasi utama penggunaan *brace* untuk mencegah operasi. Kurva yang telah melebihi 50 derajat memiliki kecenderungan untuk terus memburuk (sekitar 1 derajat per tahun) bahkan setelah masa pertumbuhan berhenti (Weinstein et al., 2013).

4) Faktor Genetik (Hereditas)

Faktor keturunan memegang peranan penting dalam etiologi skoliosis. Studi menunjukkan bahwa sekitar 30% pasien AIS memiliki riwayat keluarga dengan kondisi serupa, yang mengindikasikan adanya kerentanan genetik yang mempengaruhi struktur jaringan ikat dan kontrol neuromuskular tulang belakang (Gorman et al., 2012).

5) Lokasi dan Pola Kurva

Pola lengkungan anatomis juga mempengaruhi risiko perburukan. Kurva torakal (punggung atas) dan kurva ganda (*double major curve*) memiliki risiko progresivitas yang lebih tinggi serta dampak deformitas kosmetik (seperti *rib hump*) yang lebih nyata dibandingkan kurva tunggal pada area lumbal (Negrini et al., 2018).

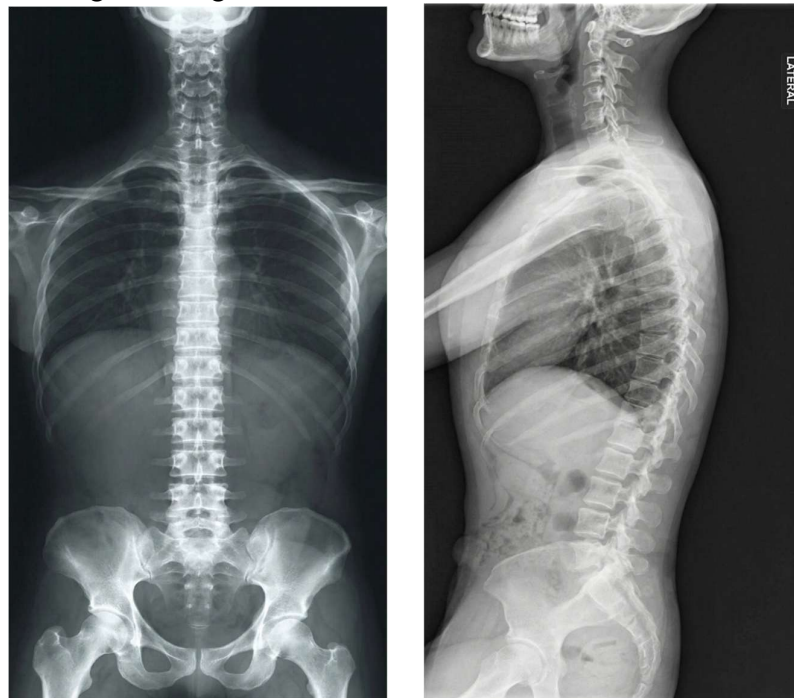
2.2 Tinjauan Teori Terkait

Pada sub-bab ini menguraikan anatomi, definisi, klasifikasi, prinsip biomekanika, serta jenis-jenis *orthosis* tulang belakang yang menjadi landasan teori dalam perancangan.

2.2.1 Anatomi Tulang Belakang Manusia

Struktur anatomi tulang belakang manusia (*columna vertebralis*) merupakan landasan utama dalam merancang alat bantu ortotik (*brace*). Tulang belakang tidak hanya berfungsi sebagai pilar penyangga tubuh, tetapi juga sebagai pelindung saraf pusat dan sumbu pergerakan batang tubuh (torso).

A. Anatomi Tulang Belakang Normal



Gambar 2.1 Gambar Rontgen Tulang Belakang Manusia
(sumber: olahan Penulis, 2026)

Pada kondisi normal, jika dilihat dari depan atau belakang (bidang koronal), tulang belakang manusia akan tampak tegak lurus secara vertikal. Namun, jika dilihat dari samping (bidang sagital), tulang belakang memiliki lengkungan alami yang berfungsi seperti pegas untuk meredam kejutan dan mendistribusikan beban mekanis.

Struktur tulang belakang normal tersusun atas 33 ruas tulang (*vertebrae*) yang diklasifikasikan ke dalam lima area utama:

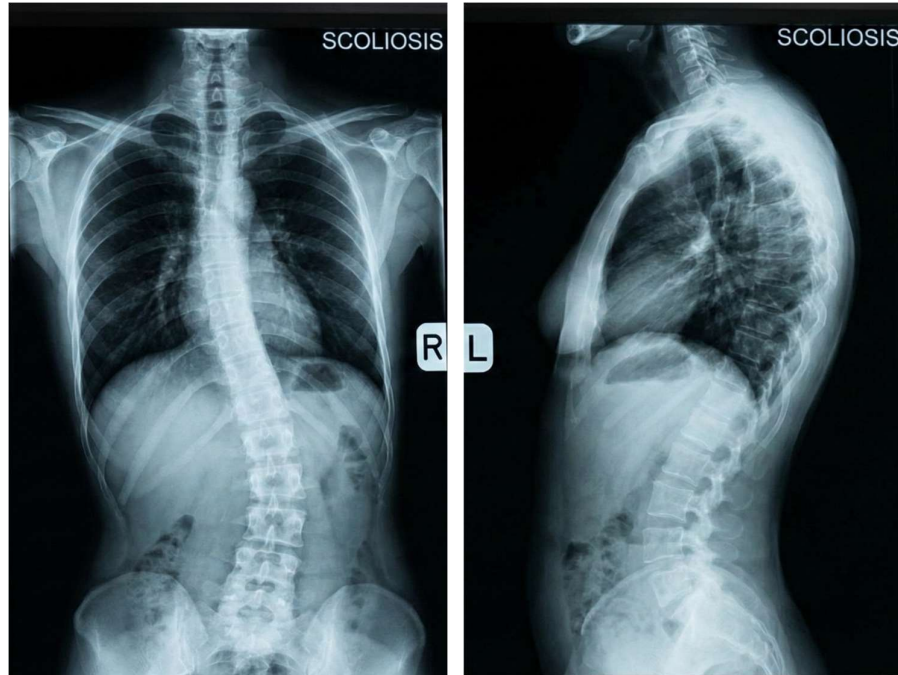
1. Tulang Leher (*Vertebra Servikal*): Terdiri atas 7 ruas (C1–C7) dengan lengkungan lordosis (melengkung ke depan).

2. Tulang Punggung (Vertebra Torakal): Terdiri atas 12 ruas (T1–T12) yang terhubung dengan tulang rusuk, memiliki lengkungan kifosis (melengkung ke belakang).
3. Tulang Pinggang (Vertebra Lumbal): Terdiri atas 5 ruas (L1–L5) berukuran besar untuk menopang beban terberat, memiliki lengkungan lordosis.
4. Tulang Kelangkang (Sakrum): Terdiri atas 5 ruas yang menyatu pada dasar panggul.
5. Tulang Ekor (Koksigis): Terdiri atas 4 ruas kecil yang menyatu di ujung terbawah.



Gambar 2.2 Gambar Struktur tulang belakang manusia
(sumber: *Kinesiology of the Musculoskeletal System*, 2017)

B. Perubahan Anatomi Pada Skoliosis



Gambar 2.3 Gambar Rontgen Tulang Belakang Skoliosis
(sumber: olahan penulis, 2026)

Berbeda dengan kondisi normal, *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS) bukanlah sekadar kondisi tulang yang membengkok ke samping. Menurut literatur medis standar (Weinstein et al., 2008), skoliosis adalah deformitas struktural Tiga Dimensi (3D) yang kompleks. Perbedaan mendasarnya meliputi:

1. Kelainan Bidang Koronal (Pembengkokan Lateral): Tulang belakang melengkung ke kiri atau ke kanan menyerupai huruf "C" atau "S". Derajat kelengkungan ini diukur menggunakan standar Sudut Cobb (*Cobb Angle*).
2. Kelainan Bidang Transversal (Rotasi Aksial): Ini adalah perbedaan paling krusial. Ruas tulang belakang (biasanya di area Torakal atau Lumbal) berputar pada sumbunya. Putaran ini menarik tulang rusuk di satu sisi ke arah belakang, menciptakan tonjolan punggung asimetris yang dikenal sebagai Punuk Iga (*Rib Hump*).
3. Kelainan Bidang Sagital (Hilangnya Lengkung Alami): Skoliosis sering kali menyebabkan hilangnya lengkungan kifosis normal di area punggung atas (menjadi lebih datar atau *flat back*), yang memengaruhi keseimbangan postur tubuh secara keseluruhan.

2.2.2 Definisi dan Fungsi Orthosis

Ortosis atau alat ortotik adalah alat yang diterapkan pada tubuh untuk menstabilkan atau mengimobilisasi bagian tubuh, memperbaiki posisi, mencegah deformitas, melindungi dari cedera, atau membantu gerakan atau fungsi. Istilah ortotik merujuk pada ilmu dan praktik penilaian, pembuatan, penyesuaian, dan pengaturan ortosis (Webster & Murphy, 2019).

Orthosis tulang belakang, atau yang lebih dikenal dengan sebutan *brace*, adalah alat bantu eksternal yang dipasangkan pada tubuh untuk menstabilkan, mengontrol, atau mengoreksi deformitas pada segmen tulang belakang. Berdasarkan terminologi standar internasional (ISO 8549-1), penamaan orthosis didasarkan pada sendi atau segmen tubuh yang dilingkupinya.

Untuk kasus skoliosis idiopatik, jenis orthosis yang paling umum digunakan adalah TLSO (*Thoraco-Lumbo-Sacral Orthosis*). Sesuai namanya, alat ini memberikan dukungan mekanis yang mencakup area torakal (punggung atas), lumbal (pinggang), hingga sakrum (panggul). Menurut (Hsu et al., 2008) dalam buku *Atlas of Orthoses and Assistive Devices*, tujuan utama pemakaian TLSO pada pasien skoliosis yang masih dalam masa pertumbuhan adalah:

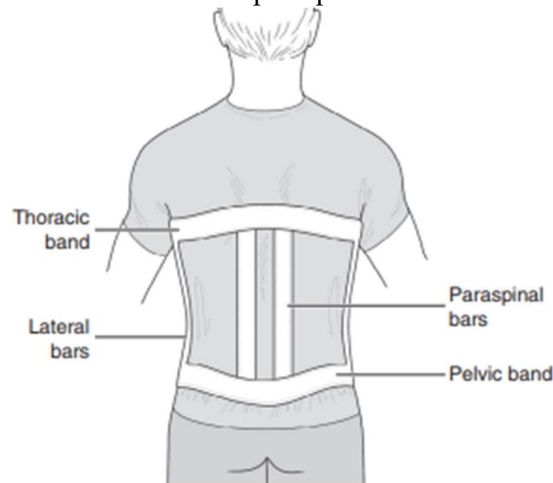
1. Menghentikan Progresivitas: Mencegah kurva bertambah parah (bukan untuk meluruskan 100% secara permanen).
2. Menunda atau Mencegah Operasi: Mempertahankan sudut kurva di bawah ambang batas bedah (biasanya <45-50 derajat) hingga kematangan tulang tercapai.

2.2.3 Klasifikasi Orthosis Berdasarkan Mekanisme Kontrol Gerak

Dalam literatur medis standar *Atlas of Orthoses and Assistive Devices* edisi kelima, (Webster & Murphy, 2019) mengklasifikasikan orthosis tulang belakang berdasarkan segmen tubuh yang dilindungi dan bidang gerak yang dikontrol:

1. *Lumbosacral Orthosis (LSO): Sagittal-Coronal Control*

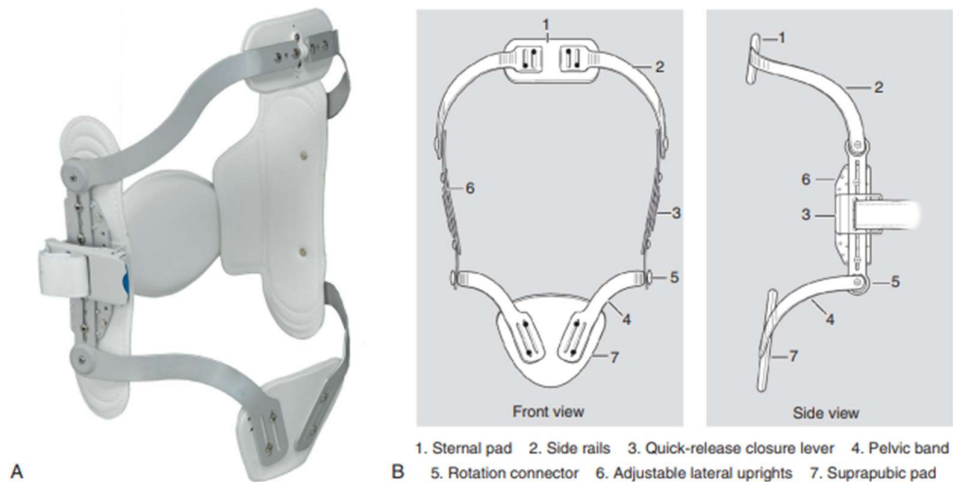
Dikenal sebagai tipe *Knight Style*, orthosis ini menggunakan komponen batang lateral (*lateral bars*) untuk memberikan stabilitas tambahan pada sisi samping tubuh guna membatasi gerak fleksi lateral. Seperti pada Gambar 2.1



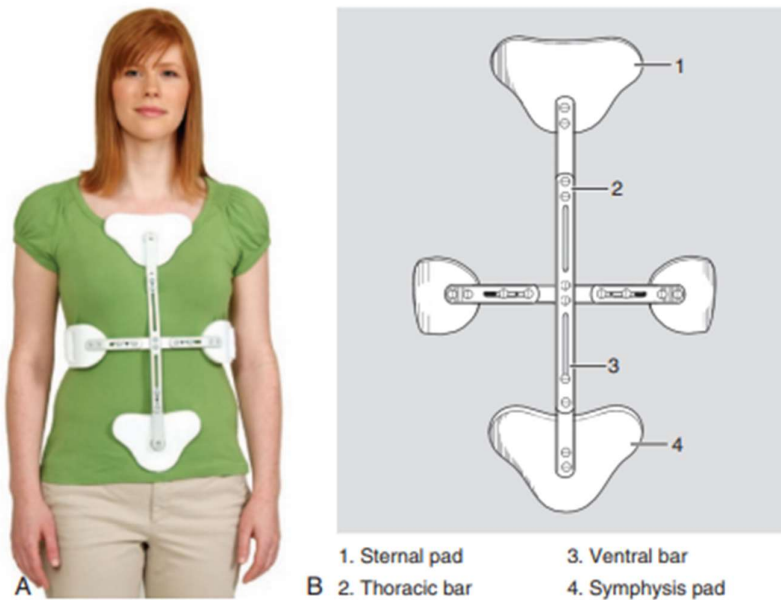
Gambar 2.4 Ortosis lumbosakral konvensional
(Sumber: Buku *Atlas of Orthoses and Assistive Device*)

2. *Thoracolumbosacral Orthosis (TLSO): Flexion Control*

Sering disebut sebagai *Hyperextension Orthosis* (contoh: *Jewett* atau *CASH*). Alat ini menggunakan *single three-point pressure system* dengan bantalan pada *sternum* dan *pubis* untuk mencegah fleksi spinal anterior.



Gambar 2.5 TLSO: *flexion control Jewett style*. (A) Jewett brace. (B) Jewett brace components
(Sumber: *Athlas of Orthoses and Assistive Device*,2019)



Gambar 2.6 TLSO: *flexion control, CASH style*. (A) Anterior. (B) CASH brace components
(Sumber: *Athlas of Orthoses and Assistive Device*,2019)

3. *Thoracolumbosacral Orthosis (TLSO): Triplanar Control*

Ini adalah jenis standar untuk penanganan skoliosis. Berbeda dengan tipe lainnya, tipe ini memberikan kontrol maksimum pada ketiga bidang gerak (*sagittal*, *coronal*, dan *transversal*/rotasi). Berdasarkan materialnya, kategori ini dibagi lagi menjadi:

- *Rigid Triplanar TLSO (Custom-Fabricated)*: Dibuat dari plastik keras yang dicetak pas badan (contoh: Boston Brace).
- *Soft Triplanar TLSO (Dynamic)*: Menggunakan material fleksibel (contoh: SpineCor).



Gambar 2.7 Gambar (A)Rigid Triplanar TLSO (Boston Brace), (B) Soft Triplanar TLSO (SpineCor)

(Sumber: *Athlas of Orthoses and Assistive Device*,2019)

Berdasarkan klasifikasi di atas, dapat disimpulkan bahwa rigid Thoracolumbosacral Orthosis (TLSO) seperti *boston brace* masih menjadi standar utama yang digunakan dalam penanganan skoliosis idiopatik karena kemampuannya memberikan kontrol *triplanar* (tiga bidang gerak) secara maksimal. Meskipun terdapat varian *soft* TLSO yang lebih fleksibel, penggunaan *rigid* TLSO seperti *Boston Brace* masih menjadi standar utama untuk menghentikan progresivitas kurva pada masa pertumbuhan.

Namun, karakteristik *rigid* TLSO yang kaku sering kali menimbulkan masalah kenyamanan dan membatasi mobilitas pengguna dalam aktivitas harian. Oleh karena itu, pengembangan sistem *adjustable* pada struktur TLSO menjadi peluang inovasi yang krusial. Hal ini bertujuan untuk menggabungkan keunggulan kontrol stabilitas dari tipe *rigid* dengan fleksibilitas penyesuaian yang dapat meningkatkan kepatuhan pengguna (*compliance*) tanpa mengesampingkan fungsi utama alat dalam menjaga stabilitas tulang belakang

2.2.4 Biomekanika Koreksi

1. Sistem Tekanan Tiga Titik (*Three-Point Pressure System*)

Prinsip biomekanika paling mendasar dalam koreksi tulang belakang menggunakan *scoliosis brace* adalah *three-point pressure system*. Dalam praktiknya, koreksi tulang belakang tidak dilakukan dengan memberikan tekanan pada seluruh bagian tubuh pasien secara serentak, melainkan melalui penempatan tumpuan gaya yang presisi. Pada sistem ini terdapat satu gaya utama (Gaya F1) yang bertindak sebagai elemen korektif primer. Gaya F1 ini memberikan tekanan langsung pada area puncak deformitas. Agar tubuh pasien tetap berada pada porosnya dan tidak terdorong jauh akibat Gaya F1, *brace* didesain dengan dua titik gaya tambahan (Gaya R1 dan

R2) yang berfungsi sebagai penyeimbang atau *counterbalancing support*. Gaya R1 umumnya diposisikan menahan area dada atas(ketiak), sementara Gaya R2 bertumpu di area panggul. Interaksi mekanis dari ketiga titik tumpu inilah yang secara aktif dan bertahap mendorong tulang belakang(Grycuk & Mrozek, 2023).

2. Mekanisme Koreksi Aktif dan Pasif

Efektivitas *brace* dalam koreksi tulang belakang tidak semata ditentukan oleh kemampuan menahan kurva secara mekanis, tetapi oleh sinergi antara mekanisme koreksi pasif dan aktif.

Mekanisme pasif bekerja melalui prinsip *three-point pressure system*, yaitu pemberian gaya tekan tiga titik secara tiga dimensi pada area puncak kurva (*apex*) untuk menghasilkan koreksi maksimal hingga *hypercorrection*. Tekanan ini diarahkan pada sepertiga permukaan *apex*, sementara sisi kontralateral dibiarkan terbuka guna memungkinkan translasi jaringan dari sisi cembung ke sisi cekung serta memfasilitasi derotasi toraks(Grivas & Kaspiris, 2010).

Sebaliknya, mekanisme aktif memanfaatkan desain *brace* yang menyediakan ruang ekspansi (*expansion rooms* atau *dodging sites*). Area kosong ini mencakup sekitar empat perlima permukaan sisi cekung dan memungkinkan terjadinya pemapasan asimetris sebagai bagian dari strategi koreksi. Dengan adanya ruang tersebut, pasien terdorong untuk secara refleks menjauhi titik tekanan, sehingga mengaktifkan kerja otot trunk secara mandiri dalam proses pelurusan kurva. Desain yang memberi kebebasan gerak ini juga berfungsi untuk menata ulang keseimbangan otot batang tubuh agar kembali bekerja secara fisiologis serta mendukung efek anti-gravitasi pada tulang belakang(Grivas & Kaspiris, 2010).

3. Pendekatan Koreksi Tiga Dimensi(3D)

Dalam perancangan ortosis modern, koreksi tulang belakang tidak lagi hanya berfokus pada penanganan kurva dua dimensi, melainkan wajib menggunakan pendekatan tiga dimensi (3D)(Negrini et al., 2022).Hal ini dikarenakan deformitas skoliosis secara fundamental memengaruhi tiga bidang anatomi tubuh secara bersamaan, yaitu bidang koronal (kemiringan tulang ke arah samping), bidang sagital (perubahan atau hilangnya kelengkungan alami punggung), dan bidang transversal (terjadinya rotasi atau pelintiran pada ruas tulang belakang serta tulang rusuk). Oleh karena itu, pemodelan interaksi mekanis antara tulang belakang dan rongga dada (*rib cage*) menjadi sangat krusial untuk dipertimbangkan dalam merancang bentuk *brace*(Kardash et al., 2022). Desain *brace* yang ideal tidak hanya dirancang sekadar untuk mendorong tulang kembali ke garis tengah secara lateral, tetapi juga harus didesain sedemikian rupa agar mampu memberikan gaya derotasi atau *detorsion* yang efektif(Negrini et al., 2022). Gaya derotasi ini bekerja secara mekanis untuk memutar kembali susunan tulang rusuk dan vertebra menuju titik keselarasan anatomi yang normal.

Dari penjabaran mekanisme koreksi diatas dapat disimpulkan, bahwa perpaduan ketiga prinsip biomekanika tersebut memastikan bahwa *brace* tidak hanya mendorong tulang kembali ke garis tengah secara lateral, tetapi juga secara aktif memutar dan merestorasi keselarasan anatomi tulang belakang serta rongga dada (*rib cage*) secara menyeluruh.

2.2.5 Data Antropometri Remaja di Indonesia

Penentuan rentang ukuran (*range of adjustment*) pada desain *brace* didasarkan pada data antropometri populasi remaja Indonesia usia 10–18 tahun. Data dimensi tubuh ini menjadi acuan utama dalam merancang mekanisme *adjustable*. Berikut adalah tabel data antropometri remaja perempuan Indonesia:

Tabel 2.2 Data Antropometri Remaja Perempuan Indonesia
Sumber: Antropometri Indonesia.org(2023)

Kode	Dimensi Tubuh (Indonesia)	Persentil 5%	Persentil 50%	Persentil 95%	Relevansi dengan Desain Brace
D10	Tinggi Bahu Duduk (<i>Sitting Shoulder Height</i>)	38.2 cm	54.9 cm	71.7 cm	Menjadi referensi variasi dimensi vertikal torso dalam menentukan rentang <i>adjustable</i>
D17	Lebar Sisi Bahu (<i>Shoulder Breadth</i>)	26.6 cm	39.0 cm	51.3 cm	Menentukan lebar bagian atas <i>brace</i> (area torakal).
D19	Lebar Pinggul (<i>Hip Breadth</i>)	21.7 cm	32.3 cm	43.0 cm	Menentukan lebar modul <i>pelvic</i> (pinggang bawah/panggul) agar pas dan tidak menekan tulang.
D20	Tebal Dada (<i>Chest Depth</i>)	8.9 cm	19.4 cm	29.8 cm	Menentukan jarak/gap <i>anterior-posterior brace</i> (tebal depan-belakang).
D21	Tebal Perut (<i>Abdominal Depth</i>)	10.3 cm	20.7 cm	31.1 cm	Menentukan ruang untuk perut (agar tidak sesak saat makan/duduk).
D8	Tinggi Duduk Tegak (<i>Sitting Height</i>)	61.4 cm	78.5 cm	95.5 cm	Referensi panjang torso keseluruhan (C7 ke Panggul).

2.2.6 Fisiologi Pertumbuhan dan Maturitas Skeletal

Perkembangan deformitas skoliosis memiliki korelasi linear yang kuat dengan fase pertumbuhan cepat atau pacu tumbuh (*growth spurt*). Menurut (Stanitski & Dimeglio, 2001), selama fase pubertas, remaja mengalami lonjakan pertumbuhan tinggi badan yang signifikan, mencapai rata-rata 8–10 cm per tahun pada perempuan dan 10–12 cm per tahun pada laki-laki. Perubahan dimensi vertikal tubuh (panjang torso) yang drastis dalam periode singkat inilah yang menjadi tantangan utama bagi penggunaan *orthosis* statis (ukuran tetap), karena *fit* atau kesesuaian alat dapat berubah hanya dalam hitungan bulan.

Untuk menentukan waktu intervensi yang tepat, praktisi klinis menggunakan indikator kematangan tulang, salah satunya adalah Tanda Risser (*Risser Sign*). Sanders et al., (2007) menjelaskan bahwa Tanda Risser mengukur tingkat osifikasi pada *iliac crest* (tulang panggul) dengan skala 0 hingga 5. Pasien dengan *Risser Sign* 0–2 (tulang belum matang) memiliki risiko progresivitas kurva yang paling tinggi karena masih memiliki sisa masa pertumbuhan yang panjang. Oleh karena itu, perancangan *brace* idealnya harus memiliki fitur adaptabilitas (*adjustability*) untuk mengakomodasi

pertambahan tinggi badan pasien selama fase kritis Risser 0–2 tersebut, tanpa mengurangi efektivitas tekanan koreksi.

2.3 Tinjauan Regulasi dan Standarisasi Medis

Perancangan produk orthosis memerlukan kepatuhan terhadap standar regulasi medis untuk menjamin keamanan serta kesesuaian dimensi alat dengan tubuh pengguna.

2.3.1 Standar Biokompatibilitas Material

Karena scoliosis brace adalah alat yang mengalami kontak langsung dengan kulit (surface device) dalam jangka waktu yang lama (>18 jam/hari) dan dalam situasi di mana kulit mungkin terluka, material yang digunakan wajib memenuhi standar internasional *ISO 10993: Biological Evaluation of Medical Devices*. Standar spesifik yang relevan untuk perancangan *brace* meliputi:

- *ISO 10993-1*: Evaluasi dan pengujian dalam proses manajemen risiko. Standar ini mewajibkan analisis risiko terhadap potensi reaksi biologis yang merugikan.
- *ISO 10993-5 (Uji Sitotoksitas)*: Menguji apakah material tersebut berpotensi mematikan sel tubuh. Hal ini penting terutama jika menggunakan material *3D Printing* (seperti resin atau filamen PLA/PETG), di mana residu bahan kimia harus dipastikan aman dan tidak beracun.
- *ISO 10993-10 (Uji Iritasi dan Sensitisasi Kulit)*: Ini adalah standar paling krusial untuk *wearable device*. Material *padding* (busa) maupun struktur utama *brace* tidak boleh menyebabkan reaksi alergi, kemerahan, atau iritasi kulit akibat gesekan atau reaksi kimia keringat.

2.3.2 Klasifikasi Alat Kesehatan (Kemenkes RI)

Berdasarkan regulasi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, *orthosis* atau alat bantu penyangga tubuh dikategorikan sebagai Alat Kesehatan Non-Elektromedik Steril/Non-Steril. Dalam perancangan, produk harus memenuhi aspek keamanan, mutu, dan kemanfaatan sebagaimana diatur dalam Permenkes RI No. 62 Tahun 2017 tentang Izin Edar Alat Kesehatan. Hal ini menuntut desain yang minim sisi tajam (*sharp edges*) dan menggunakan material yang tahan terhadap korosi atau degradasi akibat keringat.

2.4 Tinjauan Aspek Teknis dan Material

Pemilihan material yang tepat, mekanisme penguncian yang presisi, dan teknologi manufaktur yang mampu memenuhi geometri yang kompleks adalah semua komponen yang diperlukan dalam desain brace yang dapat disesuaikan. Aspek-aspek teknis yang menjadi acuan dalam proses pengembangan produk dibahas dalam subbab ini.

2.4.1 Mekanisme Sistem Penguncian dan Pengaturan (*Closure & Adjustment*)

Untuk memungkinkan fitur *adjustable*, diperlukan komponen mekanis yang dapat menahan gaya tarik koreksi dan mudah digunakan. Beberapa proses yang relevan termasuk:

1. Sistem Ratchet (Buckle & Strap):

- **Cara Kerja:** Menggunakan sabuk bergerigi dan kepala pengunci (mirip pengikat sepatu roda atau helm sepeda).

- **Kelebihan:** Memberikan kunci mekanis yang kuat, tidak mudah lepas, dan memberikan umpan balik suara "klik" (*auditory feedback*) yang menandakan sabuk sudah terkunci.
- **Aplikasi:** Cocok untuk penguncian utama (*main closure*) yang membutuhkan daya tahan tinggi.



Gambar 2.8 Gambar Mekanisme *Buckle & Strap*
(Sumber: [Greensummedical](#),2021)

2. Sistem Reel-Knob:

- **Cara Kerja:** Menggunakan piringan putar (*dial*) untuk menarik kabel baja halus (*lace*) secara presisi.
- **Kelebihan:** Memungkinkan penyesuaian tekanan mikro (*micro-adjustment*) dengan satu tangan, profil sangat rendah (tipis), dan distribusi tekanan yang merata.
- **Aplikasi:** Berpotensi untuk fitur pengencangan *fine-tuning* pada area perut atau dada.



Gambar 2.9 Gambar Sistem Reel-Knob
(Sumber: [AFI Sport](#) (n.d.))

3. Sistem Penyesuaian Ketegangan (*Adjustable Tension*):

- **Cara Kerja:** Dua panel kaku yang disatukan melalui *slot* (lubang memanjang) dan dikunci dengan baut klem.
- **Aplikasi:** Mekanisme inti dari sistem *Adjustable*. Dengan melonggarkan baut, panel atas dan bawah bisa digeser menjauh untuk menambah tinggi brace (*vertical elongation*), lalu dikunci kembali.



Gambar 2.10 Gambar *Peak Adjustable Scoliosis Bracing System*
(Sumber: [Alimed](#), n.d)

4. Sistem Magnetic Quick Release Buckle

- **Cara Kerja:** Sistem *Magnetic Quick Release Buckle* menggunakan kombinasi gaya magnet dan pengunci mekanis untuk menyatukan dua bagian *buckle* secara otomatis saat kedua komponen saling didekatkan. Setelah terkunci, sistem tetap memanfaatkan pengunci mekanis sehingga tidak mudah terlepas akibat gaya tarik atau getaran selama penggunaan. Untuk membuka *buckle*, pengguna cukup melakukan gerakan tertentu seperti menggeser atau menarik bagian pengunci sesuai arah yang telah ditentukan.
- **Kelebihan:**
 - Memudahkan proses pemasangan dan pelepasan *brace* dengan satu tangan.
 - Mengurangi kesulitan pengguna dalam menjangkau area penguncian..
 - Memberikan proses penguncian yang lebih cepat dibandingkan sistem *buckle* konvensional.
 - Menghasilkan suara dan umpan balik taktil (*tactile feedback*) yang membantu pengguna mengetahui bahwa sistem telah terkunci dengan benar.

- Memiliki profil yang relatif tipis sehingga mendukung desain *brace* yang lebih ringkas (*low-profile*).
- **Kekurangan:**
 - Harga komponen relatif lebih tinggi dibandingkan buckle plastik konvensional.
 - Membutuhkan toleransi manufaktur yang presisi agar mekanisme magnet dan pengunci bekerja optimal.
 - Kekuatan magnet perlu disesuaikan agar tidak terlalu sulit maupun terlalu mudah saat dioperasikan.
- **Aplikasi:** Sistem ini berpotensi diterapkan sebagai mekanisme *quick release* pada area penguncian utama *brace* untuk mendukung konsep *Independent Adjustment*, sehingga pengguna dapat memasang dan melepas *brace* secara lebih mandiri, cepat, dan praktis selama aktivitas sehari-hari, terutama ketika berada di lingkungan sekolah atau saat harus melakukan penyesuaian *brace* tanpa bantuan orang lain.



Gambar 2.11 Gambar sistem *Magnetic Quick-release buckle*
(Sumber: [Amazon.com](https://www.amazon.com))

2.4.2 Material Science

Dalam perancangan orthosis, pemilihan material berpusat pada kompromi antara kekakuan (*stiffness*) untuk koreksi tulang dan kenyamanan (*comfort*) bagi pengguna.

1. Termoplastik Konvensional (*Polypropylene/PP*): Mengacu pada literatur standar rehabilitasi (Lusardi et al., 2013), *Polypropylene* adalah material standar untuk *rigid brace* karena rasio kekuatan-terhadap-berat (*strength-to-weight ratio*) yang tinggi dan sifatnya yang *thermoplastic* (bisa dibentuk ulang dengan panas). Namun, material ini memiliki kelemahan utama yaitu bersifat isolator panas dan kedap udara, yang sering menyebabkan masalah kulit dan ketidaknyamanan termal pada pasien.
2. Tekstil Teknis (*3D Spacer Mesh*): Sebagai alternatif untuk meningkatkan kenyamanan, material komposit tekstil seperti *3D Spacer Mesh* mulai diaplikasikan. Material ini memiliki struktur tiga lapis dengan rongga udara di tengahnya yang memaksimalkan sirkulasi udara (*breathability*) dan mengurangi risiko ulkus tekan (*pressure sores*).
3. Filamen 3D Printing (PLA dan PETG): Dalam penerapan teknologi *Additive Manufacturing*, pemilihan material filamen didasarkan pada tiga parameter utama:

biokompatibilitas (keamanan kontak kulit), properti mekanik, dan efisiensi biaya produksi. Berdasarkan studi eksperimental yang dilakukan oleh (Molnár & Morovič, 2018), terdapat dua material polimer yang dinilai paling memenuhi kriteria tersebut untuk aplikasi *orthopedic corset*, yaitu PLA (*Polylactic Acid*) dan PET-G (*Polyethylene Terephthalate Glycol*).

2.5 Tinjauan Studi Hasil Riset Sebelumnya

Sub-bab ini membahas temuan penelitian sebelumnya tentang efektivitas klinis orthosis, faktor-faktor yang mempengaruhi kepatuhan pengguna (*compliance*), dan teknologi desain yang mendasari perancangan ini.

2.5.1 Efektivitas Klinis Penggunaan Brace

Dalam studi multisektor berskala besar yang disebut *Bracing in Adolescent Idiopathic Scoliosis (BRAIST)* adalah dasar untuk penggunaan brace dalam penanganan Skoliosis Idiopatik Remaja (AIS). Menurut penelitian Weinstein et al., (2013) penggunaan brace secara signifikan menurunkan risiko progresivitas kurva hingga ke tingkat di mana operasi diperlukan.

Temuan kunci dari riset ini menunjukkan korelasi positif yang kuat antara durasi pemakaian (dosis) dengan tingkat keberhasilan terapi:

- Pasien yang menggunakan brace 0–6 jam/hari memiliki tingkat keberhasilan hanya 41%.
- Pasien yang menggunakan brace >12,9 jam/hari memiliki tingkat keberhasilan mencapai 90–93%.

Data ini menegaskan bahwa keberhasilan desain *brace* tidak hanya diukur dari kekuatan koreksi mekanisnya semata, melainkan dari kemampuannya untuk "membuat pasien mau memakainya" dalam durasi yang panjang.

2.5.2 Studi Terkait Kepatuhan (*Compliance*) dan Masalah Psikososial

Meskipun brace telah terbukti berhasil, pasien remaja seringkali tidak patuh. Mulder et al., (2016) menemukan bahwa desain produk adalah faktor utama yang menghambat. Pengguna sering menolak brace konvensional (rigid) karena beberapa alasan:

1. Ketidaknyamanan Fisik: Akumulasi panas, keringat berlebih, dan tekanan pada kulit (*pressure sores*).
2. Estetika dan Citra Tubuh: Bentuk brace yang tebal (*bulky*) dan terlihat jelas di balik pakaian menyebabkan gangguan citra diri (*body image disturbance*) dan tekanan psikologis pada remaja.

Lebih lanjut, riset komparasi oleh Sang Wong et al., (2008) membandingkan penerimaan pasien terhadap *Rigid Brace* vs *Soft Brace*. Hasilnya menunjukkan bahwa *Soft Brace* memiliki tingkat penerimaan (*acceptance*) yang lebih tinggi karena kenyamanan dan fleksibilitas gerak, meskipun kekuatan koreksinya pada kurva besar tidak seoptimal *Rigid Brace*. Hal ini mengindikasikan adanya kebutuhan akan desain hibrida yang mampu menggabungkan kekuatan koreksi (rigiditas) dengan kenyamanan (fleksibilitas).

2.5.3 Korelasi Kenyamanan dengan Durasi Penggunaan

Berdasarkan penelitian (Wang et al., 2022) ditemukan hubungan yang signifikan antara tingkat kenyamanan yang dirasakan pengguna dengan durasi kepatuhan pemakaian *brace* setiap harinya. Beberapa poin kunci yang mendasari korelasi ini antara lain:

- **Dampak Ketidaknyamanan terhadap Kepatuhan:** Rasa sakit, ketidaknyamanan fisik, dan beban psikologis dilaporkan berhubungan langsung dengan rendahnya tingkat kepatuhan (*compliance*) pasien dalam menjalankan terapi *brace*.
- **Aplikasi *Comfort Theory*:** Sesuai dengan *Comfort Theory*, pasien cenderung akan lebih aktif mencari perilaku hidup sehat dan hasil pengobatan akan menjadi lebih positif apabila pasien merasa nyaman selama proses terapi berlangsung.
- **Prioritas Pengguna:** Banyak pasien lebih memilih menanggung ketidaknyamanan ringan saat memakai *brace* pada malam hari dibandingkan harus menghadapi pengalaman tidak menyenangkan (seperti rasa malu atau kesulitan gerak) saat pemakaian di siang hari.
- **Urgensi Estetika dan Kemudahan:** Desain *brace* yang estetik secara visual serta keterlibatan pasien dalam proses desain merupakan faktor krusial untuk meningkatkan penerimaan pengguna dan kepatuhan durasi pemakaian.
- **Hambatan Operasional di Sekolah:** Rendahnya durasi pemakaian di lingkungan sekolah sering kali disebabkan oleh faktor ketidakefisienan desain, seperti kesulitan untuk memakai atau melepas *brace* secara mandiri tanpa bantuan orang lain.
- **Faktor Penentu Pengalaman Pengguna:** Pengalaman penggunaan *brace* yang buruk lebih banyak dipengaruhi oleh beban psikologis dan hambatan aktivitas (*inconvenience*) dibandingkan oleh besarnya gaya koreksi (*corrective force*) mekanis dari alat tersebut.

2.5.4 Urgensi Desain *Adjustable*

Efektivitas penanganan skoliosis berkaitan erat dengan kondisi pertumbuhan pasien. Sanders et al.,(2007) menyatakan bahwa risiko progresivitas kurva meningkat pada fase pertumbuhan cepat, terutama ketika pasien masih memiliki tingkat kematangan skeletal yang rendah. Pada fase ini, perubahan tinggi badan dan dimensi tubuh dapat berlangsung dalam periode yang singkat sehingga memengaruhi kesesuaian antara tubuh pasien dengan *brace* yang digunakan.

Konvensional *rigid brace* biasanya dibuat berdasarkan kondisi anatomi dan dimensi tubuh pasien pada saat proses *fitting*. Selama pertumbuhan, perubahan panjang torso, lebar tubuh, atau ukuran area toraks dan perut dapat mempengaruhi seberapa baik penyangga tersebut cocok dengan tubuh pengguna. Kondisi ini dapat menyebabkan penyangga terlalu ketat, terlalu longgar, atau terjadi perubahan dalam hubungan posisi antara struktur penyangga dan area tubuh yang akan dikoreksi. Dengan demikian, perubahan antropometri selama pertumbuhan harus diperhitungkan dalam pengembangan desain *brace* untuk pengguna remaja.

Kebutuhan *adjustable* juga terkait dengan penggunaan *brace* dalam aktivitas sehari-hari. Perubahan postur tubuh saat duduk, berdiri, bergerak, serta perubahan volume pada abdomen dapat menimbulkan perubahan tingkat kekencangan yang berbeda. Sistem pada *Rigid brace* tetap memiliki keterbatasan dalam menyesuaikan kondisi tersebut. Mekanisme *adjustable* dapat memberikan ruang ekspansi dalam rentang tertentu, terutama pada aspek dimensi dan kekencangan *brace*.

Kelemahan *rigid brace* (ukuran tetap) dalam menghadapi fase ini mulai terlihat oleh kemajuan desain saat ini. Brace yang tidak dapat disesuaikan akan kehilangan akurasi titik tekan saat pasien menjadi lebih tinggi, yang mengakibatkan penggantian alat yang mahal dan tidak efisien. Oleh karena itu, pengembangan desain dengan sistem mekanis yang adaptif menjadi solusi potensial untuk menjaga akurasi titik tekan, sehingga efektivitas *brace* tetap terjaga meskipun terjadi perubahan antropometri pada pasien.

2.6 Benchmarking Produk

Studi komparasi (*benchmarking*) dilakukan untuk mengevaluasi dan membandingkan produk *scoliosis brace* standar konvensional (*existing*) dengan inovasi ortosis modern (kompetitor). Analisis ini bertujuan untuk menemukan celah peluang desain (*design opportunity*) berdasarkan parameter efektivitas medis, ergonomi, estetika, dan fleksibilitas ukuran, yang akan menjadi landasan utama dalam inovasi perancangan produk.

2.6.1 Tinjauan Produk Existing dan Kompetitor

Tabel 2.3 Benchmarking Produk
(sumber: Olahan Penulis,2026)

Parameter	Konvensional (Boston/Wilmington)	Night-Time (Charleston/Providence)	3D Asimetris (Chêneau/RSC)	Soft Brace (SpineCor)	Modern 3D Print (UNYQ)
Gambar					
Material	Termoplastik Solid Tebal	Termoplastik Solid Tebal	Termoplastik Solid / Gips	Tali Elastis & Kain	Polimer 3D Print (Kaku)
Mekanisme Koreksi	Tekanan 2D (Pasif)	Bending Ekstrim saat Tidur	Triplanar 3D (Aktif-Pasif)	Tarikan Dinamis	Triplanar 3D (Pasif)
Fungsi Waktu	Siang-Malam (18-23 jam)	Hanya Malam Hari (8 jam)	Siang-Malam (18-23 jam)	Siang-Malam	Siang-Malam
Sirkulasi Udara	Buruk (Sangat Gerah)	Buruk (Namun dipakai di AC/Tidur)	Buruk	Sangat Baik	Sangat Baik
Estetika Profil	Tebal, kaku, mencolok	Tidak relevan (dipakai tidur)	Menonjol asimetris (<i>bulky</i>)	Tipis, tersembunyi total	Tipis, <i>fashionable</i> , elegan
Ergonomi (Donning)	Cukup Sulit	Mudah (dipakai di kasur)	Sulit (Tali di belakang)	Sangat Sulit (Banyak tali)	Mudah
Dapat disesuaikan (Adjustability)	Statis (Ganti baru jika tumbuh)	Statis (Ganti baru)	Statis (Ganti baru)	Fleksibel diatur tarikannya	Statis (Ganti baru)

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Definisi Judul

Judul perancangan ini adalah “Pengembangan Skoliosis Brace Dengan Sistem Adjustable Untuk Mendukung Aktivitas Harian Pasien”. Tabel berikut menguraikan beberapa kata kunci judul sebagai makna yang dimaksud dalam penelitian ini.

Tabel 3.1 Definisi Judul Perancangan
(sumber: Olahan Penulis, 2026)

Istilah dalam Judul		Makna / Arti dalam Konteks Penelitian
Pengembangan		Proses perancangan produk secara sistematis yang meliputi tahapan riset, pembuatan konsep, hingga perwujudan prototipe fungsional yang bertujuan untuk memvalidasi ide desain baru.
Skoliosis <i>Brace</i>		Alat bantu ortopedi eksternal yang dirancang khusus untuk memberikan dukungan mekanis pada tulang belakang guna menjaga posisi tulang belakang pada penderita skoliosis
Sistem <i>Adjustable</i>		Mekanisme pada desain produk yang memungkinkan komponen tertentu dapat disesuaikan tingkat kekencangan atau dimensinya oleh pengguna secara mandiri untuk menyesuaikan dengan kenyamanan dan perubahan volume tubuh
Mendukung Aktivitas Harian		Kemampuan brace untuk tetap memberikan fungsi penyangga dan koreksi tanpa menghambat mobilitas pengguna dalam menjalankan aktivitas sehari-hari, seperti belajar, berjalan, duduk, maupun aktivitas ringan lainnya.
Masa Pertumbuhan		Periode perkembangan fisik anak dan remaja (biasanya di atas usia 10 tahun untuk AIS) di mana struktur tulang masih bersifat fleksibel dan sangat rentan terhadap perubahan kurva tulang belakang

3.2 Subyek dan Obyek Perancangan

Subyek Perancangan (Target Pengguna): Pasien penderita *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS), yang membutuhkan koreksi kurva tulang belakang dengan derajat kemiringan (*Cobb Angle*) kategori sedang (20° - 40°) dengan rentang usia 10-18 tahun.

Obyek Perancangan: *Scoliosis Brace* tipe TLSSO (*Thoraco-Lumbar-Sacral Orthosis*) yang memiliki mekanisme *adjustable*

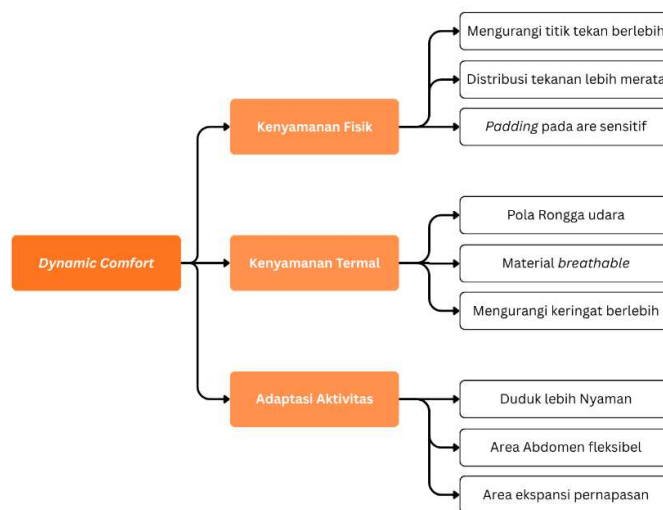
3.3 Kerangka Analisis Konsep

Pada perancangan ini terdapat tiga *key concept* yang digunakan sebagai solusi desain berdasarkan hasil observasi pengguna, wawancara dengan pasien AIS dan orthotist, studi biomekanika *scoliosis brace*, serta analisis aktivitas harian pengguna. Ketiga konsep tersebut dirumuskan untuk menjawab permasalahan utama berupa ketidaknyamanan penggunaan *brace*,

keterbatasan kemandirian pengguna dalam mengoperasikan *brace*, serta kebutuhan adaptasi terhadap pertumbuhan tubuh selama masa terapi.

a. *Dynamic Comfort* (Kenyamanan Dinamis)

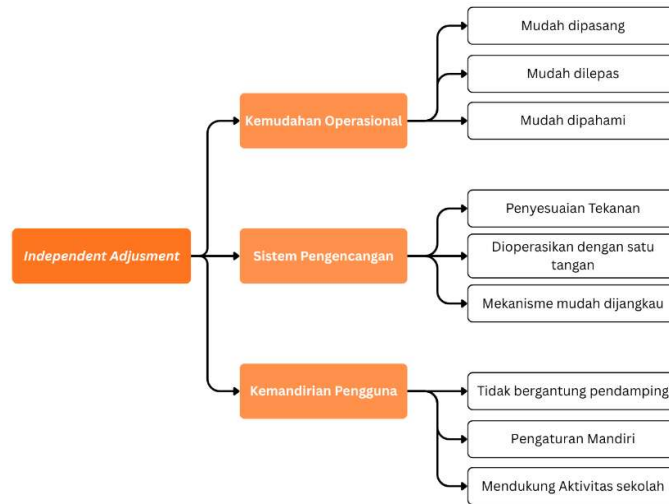
Konsep ini berfokus pada peningkatan kenyamanan pengguna selama menggunakan brace dalam aktivitas sehari-hari tanpa mengurangi fungsi koreksi biomekanika. Kenyamanan tidak hanya ditinjau dari aspek fisik, tetapi juga dari kemampuan produk dalam beradaptasi terhadap pergerakan tubuh dan proses pernapasan pengguna. Dari segi struktur, brace dibagi menjadi area rigid dan area dinamis. Area rigid berfungsi mempertahankan tekanan koreksi, sedangkan area dinamis dirancang untuk memberikan ruang ekspansi pada rongga dada dan abdomen. Dari segi material, penggunaan pola ventilasi dan material *breathable* bertujuan mengurangi akumulasi panas dan kelembaban selama penggunaan jangka panjang.



Gambar 3.1 Analisis Konsep Dynamic Comfort
(Sumber: Penulis, 2026)

b. *Independent Adjustment* (Penyesuaian Mandiri)

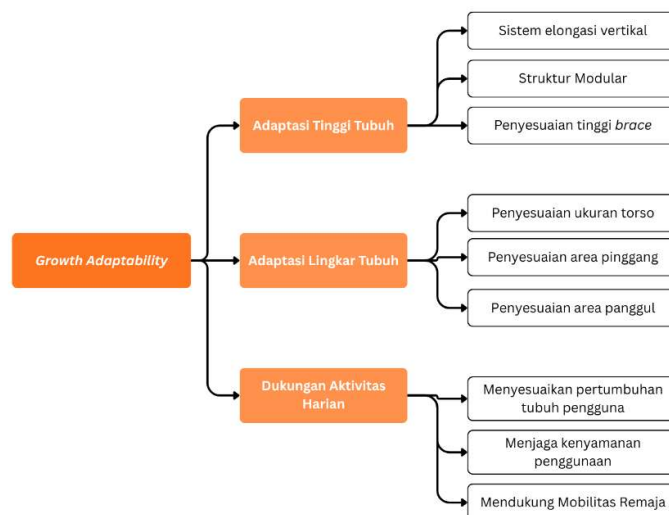
Konsep ini bertujuan meningkatkan kemandirian pengguna dalam memakai, melepas, dan mengatur tingkat kekencangan brace tanpa bantuan orang lain. Konsep ini muncul dari temuan bahwa pengguna sering mengalami kesulitan ketika harus melakukan penyesuaian brace secara mandiri, terutama saat berada di sekolah atau lingkungan sosial. Implementasi konsep dilakukan melalui pengembangan mekanisme *adjustment* yang mudah dijangkau, mudah dipahami, dan mudah dioperasikan oleh pengguna usia remaja.



Gambar 3.2 Analisis Konsep Dynamic Comfort
(Sumber: Penulis,2026)

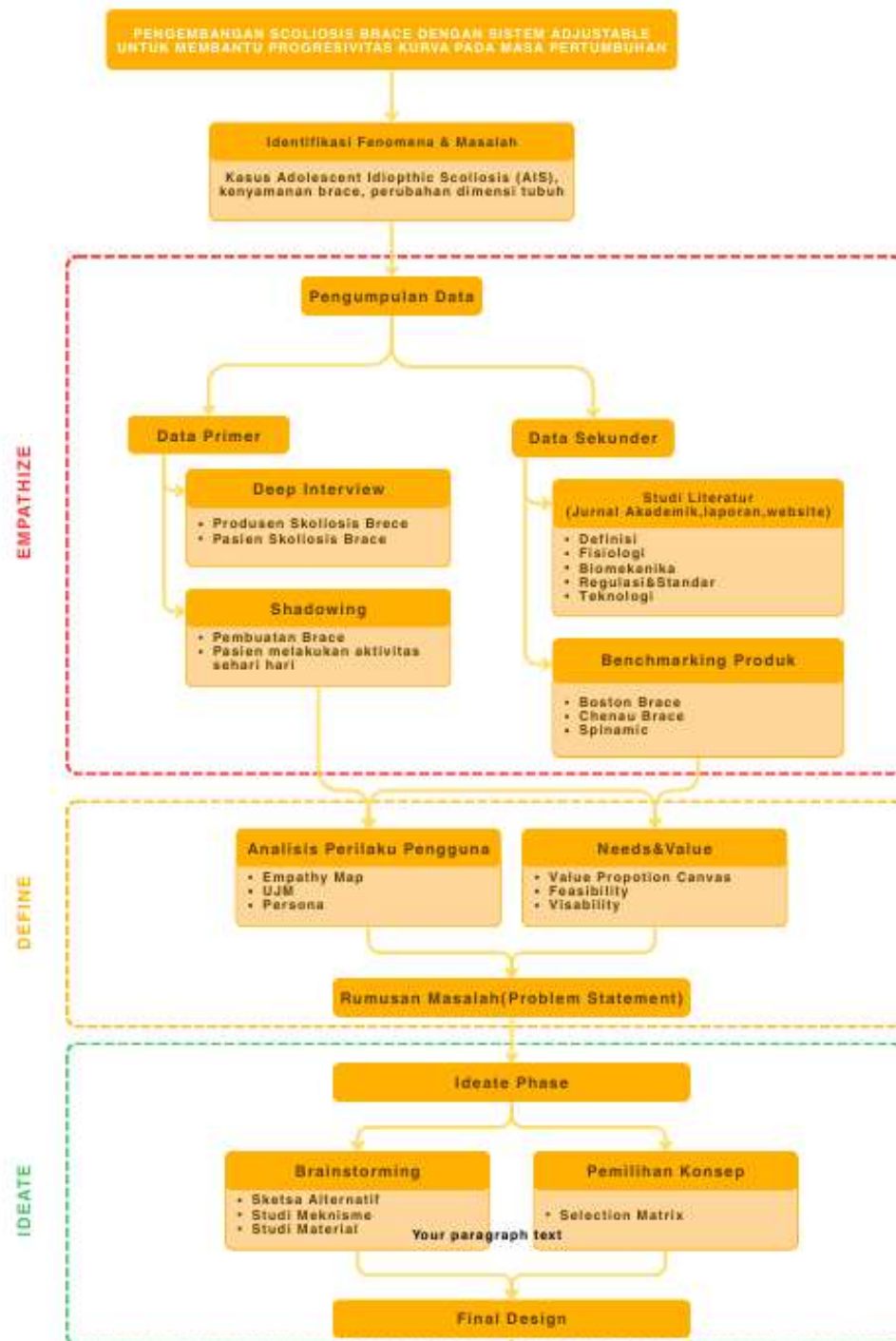
c. *Growth Adaptability* (Adaptif terhadap Pertumbuhan)

Konsep ini dikembangkan berdasarkan karakteristik pengguna AIS yang masih berada pada masa pertumbuhan. Pada brace konvensional, perubahan tinggi badan dan lingkaran tubuh sering menyebabkan produk tidak lagi sesuai sehingga diperlukan penggantian brace secara berkala. Konsep Growth Adaptability bertujuan menciptakan sistem yang mampu mengakomodasi perubahan dimensi tubuh pengguna tanpa mengubah titik biomekanika koreksi utama. Dengan demikian, masa pakai produk dapat diperpanjang dan biaya terapi dapat ditekan.



Gambar 3.3 Analisis Konsep Dynamic Comfort
(Sumber: Penulis,2026)

3.4 Skema Perancangan Riset



Gambar 3.4 Alur Skema Perancangan
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

Skema perancangan riset ini disusun menggunakan pendekatan *Design Thinking* untuk memastikan solusi yang dihasilkan berpusat pada kebutuhan pengguna (*human-centered*). Proses ini dimulai dari penetapan judul dan identifikasi masalah awal, kemudian dilanjutkan melalui tahapan sebagai berikut:

1. Tahap Identifikasi Awal

Proses Identifikasi Awal Riset dimulai dengan penetapan fokus perancangan, "Pengembangan *Scoliosis Brace* dengan Sistem *Adjustable*." Pada tahap ini, fenomena dan masalah utama yang melatarbelakangi perancangan diidentifikasi, khususnya mengenai *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS), serta identifikasi masalah ketidaknyamanan yang disebabkan oleh brace konvensional.

2. Tahap Empathize (Pengumpulan Data)

Tujuan dari tahap ini adalah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang subjek dan objek perancangan melalui dua metode pengumpulan data:

- Data Primer: Dilakukan untuk mendapatkan wawasan langsung dari lapangan.
 - *Deep Interview*: Wawancara mendalam dengan produsen brace (*Orthotist*) untuk aspek teknis, dan pasien pengguna brace untuk aspek pengalaman pengguna.
 - *Shadowing*: Observasi dengan melihat langsung proses pembuatan brace di bengkel ortotik dan mengamati aktivitas sehari-hari pasien saat menggunakan brace.
- Data Sekunder: Dilakukan sebagai landasan teori dan komparasi pasar.
 - *Studi Literatur*: Mengkaji jurnal akademik dan laporan terkait definisi, fisiologi skoliosis, biomekanika koreksi tulang belakang, serta regulasi standar medis.
 - *Benchmarking Produk*: Menganalisa kelebihan dan kekurangan produk eksisting seperti Boston Brace, Cheneau Brace, dan Spinamic untuk menemukan celah inovasi.

3. Tahap Define (Analisis Data)

Data yang terkumpul kemudian diolah dan disintesis untuk mengerucutkan permasalahan:

- **Analisis Perilaku Pengguna**: Menggunakan metode *Empathy Map* untuk memetakan apa yang dirasakan pengguna, *User Journey Map* (UJM) untuk melihat pengalaman pemakaian brace dari waktu ke waktu, dan penyusunan *Persona* pengguna.
- **Needs & Value**: Menentukan nilai produk melalui *Value Proposition Canvas*, serta meninjau aspek keterlaksanaan (*Feasibility*) dan kelangsungan (*Viability*).

4. Tahap Ideate (Penerapan Analisis)

Tahap Ideate merupakan proses pengembangan solusi desain berdasarkan hasil analisis pada tahap sebelumnya. Proses ini meliputi eksplorasi konsep, sketsa ideasi, pengembangan alternatif desain, serta evaluasi setiap alternatif berdasarkan DR&O untuk menghasilkan desain *scoliosis brace* yang memenuhi aspek biomekanika, ergonomi, kenyamanan, dan sistem *adjustable*

3.5 Metode Pengumpulan Data

Data dikumpulkan menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif untuk mendapatkan landasan yang kuat.

3.5.1 Data Primer

In-Deep Interview (wawancara mendalam)

1. Teknik

Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur dengan melibatkan dua kelompok narasumber utama. Kelompok pertama adalah pengguna langsung (pasien remaja penderita AIS) untuk menggali aspek pengalaman. Kelompok kedua adalah tenaga ahli kesehatan (Ortotis Prostetis) untuk memastikan keamanan medis. Pertanyaan bersifat terbuka agar eksplorasi data lebih mendalam.

2. Waktu

Wawancara dilaksanakan pada tahap awal penelitian lapangan. Pengambilan data ini berjalan secara paralel atau bersamaan dengan tahapan observasi untuk memvalidasi temuan masalah fisik di lapangan dengan keluhan yang dirasakan oleh pengguna secara langsung.

3. Tujuan

Pada narasumber pasien, wawancara bertujuan untuk menggali secara langsung keluhan fisik (seperti rasa gerah, nyeri, atau keterbatasan gerak) dan keluhan terkait estetika dan kepercayaan diri saat menggunakan *brace*. Pada narasumber ahli, wawancara bertujuan untuk memperoleh parameter klinis yang akurat terkait batasan indikasi medis, penerapan sistem tekanan tiga titik (*three-point pressure*), dan syarat biomekanika koreksi dalam perancangan TLSO.

3.5.2 Data Sekunder

Data literatur merupakan data sekunder yang bisa diperoleh dari berbagai sumber kredibel seperti jurnal medis, buku teks ortotik prostetik, dan artikel ilmiah yang terpercaya. Data yang diambil meliputi studi mendalam tentang *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS) beserta dampak progresivitas kurvanya, kemudian data tentang prinsip biomekanika koreksi tulang belakang (*three-point pressure system*), dilanjut dengan studi komparasi desain *brace* eksisting (seperti Boston, Cheneau, atau Spinamic). Selain itu, kajian mengenai ergonomi, data antropometri remaja, dan analisis material juga dikumpulkan untuk diolah dan dikembangkan lebih lanjut sebagai landasan perancangan mekanisme *adjustable*.

Data spesifik yang diperoleh berupa:

1. Ilmu patofisiologi tentang *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS) dan klasifikasi pola kurva.
2. Data mengenai biomekanika sistem *Three-Point Pressure* pada penanganan skoliosis non-operatif.
3. Jurnal dan literatur mengenai perkembangan teknologi desain *Scoliosis Brace* (tipe Rigid dan Dinamis).
4. Studi ergonomi terkait kenyamanan termal (*breathability*) dan keamanan jaringan kulit (*soft tissue*).
5. Data antropometri tubuh remaja Indonesia (khususnya area *torso* / TLSO) untuk acuan dimensi produk.

3.6 Metode Analisis Data

Metode analisis data pada perancangan ini bertujuan untuk mengolah data hasil pengumpulan di lapangan maupun studi literatur sehingga menghasilkan *insight* yang relevan.

3.6.1 Studi Kebutuhan dan Pengalaman Pengguna

Studi kebutuhan dan pengalaman pengguna dilakukan untuk memahami secara mendalam kendala fisik, beban psikologis, parameter medis, serta pola interaksi dari target pengguna utama, yaitu remaja perempuan penderita *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS)

- **Analisis Kualitatif (*In-deep Interview*)**

Analisis kualitatif dilakukan melalui wawancara mendalam terhadap narasumber pasien dan tenaga ahli medis. Tujuannya adalah untuk menggali persepsi, motivasi pemakaian, batasan medis, serta beban emosional yang dialami pengguna saat memakai *brace*. Proses analisis diawali dengan transkripsi hasil wawancara, kemudian dilakukan pengelompokan temuan menggunakan teknik *affinity diagram* untuk mengidentifikasi tema-tema utama berdasarkan kesamaan makna. Teknik ini memungkinkan peneliti menemukan pola kebutuhan ergonomi (seperti rasa gerah dan sakit), serta ekspektasi terhadap profil visual produk agar pengguna tidak merasa insecure.

Selain itu, hasil wawancara dari perspektif pasien juga disajikan dalam bentuk *User Journey Mapping* (UJM). Pemetaan ini melacak interaksi fisik sehari-hari pengguna, mulai dari pemakaian alat pagi (*donning*), rutinitas sekolah (duduk, berjalan, hingga ke toilet), dan pelepasan (*doffing*). Melalui UJM, dapat diidentifikasi titik-titik krusial (*pain points* dan *touchpoints*) yang paling menyulitkan pengguna secara mandiri. Analisis kualitatif ini menghasilkan data berupa *affinity diagram*, yang kemudian menjadi landasan mutlak dalam merumuskan *Design Requirement and Objective* (DRnO), khususnya pada aspek estetika, sistem penguncian, dan kenyamanan termal.

3.6.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai tahap awal analisis untuk membangun landasan konseptual, medis, dan teknis perancangan. Literatur yang dikaji meliputi prinsip biomekanika koreksi tulang belakang (*three-point pressure* dan *triplanar control*), karakteristik pertumbuhan fisik pasien *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS), ergonomi dan kenyamanan termal, teknologi fabrikasi *3D printing*, serta standar pedoman ortopedi (seperti pedoman SOSORT dan buku *Atlas of Orthoses*).

A. Teknik Analisis

1. Mengidentifikasi konsep utama biomekanika koreksi dan parameter klinis dari sumber literatur medis.
2. Membandingkan karakteristik fungsional, material, dan estetika antar produk ortosis *existing* maupun kompetitor (*benchmarking*).
3. Menarik prinsip-prinsip desain mekanis (sistem penyesuaian ukuran/*adjustability*) dan rekayasa bentuk yang relevan dengan konteks perancangan menggunakan cetak 3D.

B. Tujuan

1. Membangun landasan konseptual perancangan *scoliosis brace* yang ergonomis
2. Menetapkan batasan teknis medis (*Cobb angle* 20°– 40°) dan batasan desain struktural (ketebalan dan kelenturan material).

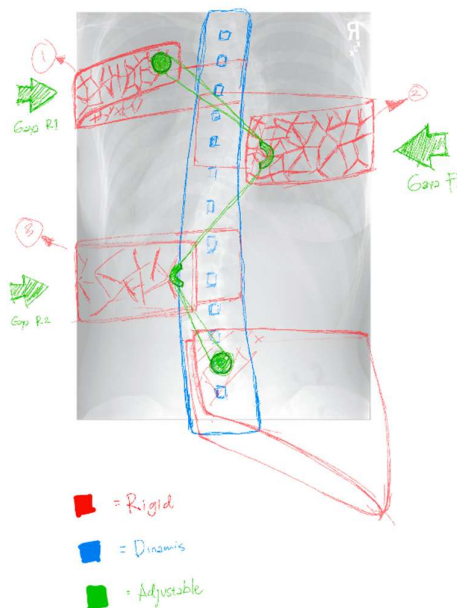
3. Mengidentifikasi celah antara efektivitas *rigid brace*, masalah kenyamanan termal (kegerahan), dan beban psikologis pengguna (rasa malu/minder) di lapangan.

C. Output

1. Rumusan prinsip biomekanika *Triplanar Control* yang diaplikasikan pada anatomi *brace* (titik koordinat *pressure pad* dan *relief space*)
2. Parameter sistem *adjustable* (modul/pengikat) untuk adaptasi pertumbuhan remaja perempuan
3. Kriteria desain awal (spesifikasi material polimer, dan profil yang tipis)
4. Kerangka Konseptual dalam Penyusunan DRnO

3.6.3 Zoning Fungsional Produk

Berdasarkan fungsi anatomis dan biomekanika koreksi, bagian ini menjelaskan pembagian area pada struktur brace TLSO. Tujuan dari pembagian area ini adalah untuk memastikan *brace* tetap efektif secara medis namun fleksibel untuk pertumbuhan dan aktivitas pengguna.



Gambar 3.5 Zoning Fungsional Produk
Sumber: Olahan Penulis(2026)

1. Zona Statis (*Rigid/Supportive Zone*)

Zona ini bersifat kaku untuk memberikan stabilitas dan tekanan korektif permanen.

- **Titik Tekan Utama (*Apex Point*):** Area di mana Gaya F1 bekerja secara langsung pada puncak lengkungan tulang belakang untuk menahan progresivitas.
- **Titik Penyeimbang (*Counter-force Points*):** Area Gaya R1 (torakal atas/ketiak) dan Gaya R2 (panggul/pelvic) untuk menjaga keseimbangan postur.
- **Fondasi Panggul (*Pelvic Band*):** Bagian bawah yang mengunci posisi panggul agar alat tidak bergeser.

2. Zona Dinamis (*Flexible/Expansion Zone*)
Zona yang dirancang untuk mengakomodasi fungsi biologis dan mobilitas pengguna.
 - **Area Ekspansi Pernapasan:** Ruang kosong (*expansion room*) yang memungkinkan pengembangan rongga dada saat bernapas guna meminimalisir penurunan fungsi paru-paru.
 - **Area Abdominal:** Ruang fleksibel untuk menampung perubahan volume perut saat makan atau duduk agar tidak sesak.
3. Zona *Adjustable (Transition/Interaction Zone)*
Area tempat mekanisme perubahan ukuran dan penguncian berada.
 - **Mekanisme Pemanjang (*Vertical Elongation*):** Sambungan geser untuk menyesuaikan tinggi *brace* seiring bertambahnya tinggi badan (*growth spurt*).
 - **Sistem Pengencang (*Tensioner*):** Area mekanis (seperti *buckle* atau *strap*) yang memungkinkan pasien menyesuaikan kekencangan secara mandiri.

3.7 Hasil Rekapitulasi Data

Subbab ini berisi rekapitulasi data yang diperoleh melalui pengumpulan data primer dan data sekunder, semua data tersebut dirangkum dan dianalisis untuk membantu menentukan kebutuhan pengguna dan arah perancangan produk

3.7.1 Rekapitulasi Data *In-Deep Interview*

Pengumpulan data primer dilakukan dengan metode *In-Deep Interview* dilakukan untuk memperoleh pemahaman kualitatif yang lebih komprehensif terkait pengalaman pemakaian *scoliosis brace existing*. Wawancara ini melibatkan dua kelompok narasumber utama, yaitu pasien remaja perempuan penderita *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS) sebagai target pengguna, serta praktisi Ortotik Prostetik (produsen *brace* medis) sebagai narasumber ahli di bidang teknis dan rekayasa bentuk. Identitas responden disajikan dalam bentuk inisial untuk menjaga privasi. informasi profil responden disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 3.2 Data Responden In-deep Interview
(sumber: Olahan Penulis,2025)

No	Inisial	Usia	Domisili	Kategori / Karakteristik
1	K	34 Tahun	Tulungagung	Praktisi Ortotik Prostetik
2	N	12 Tahun	Mojokerto	Pasien AIS

Evaluasi dilakukan berdasarkan profil narasumber di atas untuk mengetahui pengalaman langsung pasien terkait keluhan fisik dan psikologis selama memakai *brace existing*, serta pandangan praktisi medis terhadap batasan biomekanika dan manufaktur ortosis. Hasil wawancara dipelajari untuk menentukan kebutuhan fungsional pengguna, parameter kenyamanan termal, dan peluang untuk mengembangkan desain sistem *adjustable* berbasis cetak 3D. Hasil utama dari wawancara disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 3.3 Rekapitulasi Data Primer In-deep Interview
(sumber: Olahan Penulis,2025)

No	Pencarian Data	Pertanyaan	Hasil yang Diperoleh
1	Wawancara mendalam Inisial : K (Praktisi Ortotik Prostetik)	Apa alasan utama Anda dalam membuat alat bantu ortosis(<i>brace</i>)?	Adanya peluang bisnis dalam produksi <i>brace</i> sendiri, karena banyaknya pasien dari rumah sakit. Adanya resep dari dokter/pasiennya pernah konsultasi ke dokter
		Bagaimana <i>feedback</i> pasien terhadap alat bantu ortosis?	Kebanyakan pasien skoliosis itu merasa tidak nyaman/sakit saat pertama kali menggunakan <i>brace</i> , rasa sakitnya ini muncul karena sistem tekan <i>brace</i> menekan postur pasien.
		Apa tanggapan Anda terkait penggunaan teknologi 3D print dalam produksi <i>brace</i> ?	Sangat memungkinkan sekali jika produksi <i>brace</i> menggunakan teknologi <i>3D print</i> , karena jumlah pasien yang ingin berkonsultasi dan membuat <i>brace</i> di rumah sakit sangat banyak.
		Bagaimana tanggapan pasien/orang tua pasien terkait <i>brace</i> yang Anda produksi?	Brace yang diproduksi sudah mengikuti standar Rumah sakit; Harga <i>brace</i> yang diproduksi jauh lebih terjangkau dibandingkan dengan harga ketika membuat dari Rumah sakit
		Apakah ada standarisasi dalam produksi <i>brace</i> ?	Standarisasi material dari rumah sakit yang digunakan adalah PE(<i>Polyethylene</i>) dengan ketebalan 4-5 milimeter
		Apakah sudah banyak yang menggunakan teknologi <i>3d print</i> untuk produksi <i>brace</i> ?	Di Kota-kota besar (seperti Jakarta/Surabaya) masih mengembangkan <i>brace</i> menggunakan teknologi <i>3D print</i> , jadi kalau untuk market di kota kota besar itu sangat memungkinkan
		Berapa lama waktu yang Anda butuhkan dalam membuat <i>brace</i> ?	Sekitar 12-14 hari; karena prosesnya yang panjang, mulai dari casting, pengecoran, rektifikasi, molding, fitting, dan finishing
		Kapan pasien skoliosis mengganti <i>brace</i> mereka?	Setiap 6 bulan sekali; melihat dari progres sudut kelengkungannya/ketika ada kerusakan dari <i>brace</i>
		Apa harapan Anda perkembangan <i>brace</i> di Indonesia?	Teknologi dalam pembuatan <i>brace</i> semakin maju dan rata rata harga <i>brace</i> di Indonesia sama setiap daerah
2	Wawancara mendalam Inisial : N (Pasien AIS)	Sejak kapan kamu menggunakan <i>brace</i> ?	Baru pertama kali menggunakan <i>brace</i>
		Kenapa memutuskan menggunakan <i>brace</i> ?	Ada dua saran dari dua dokter yang berbeda; yang pertama menyarankan menggunakan <i>brace</i> dari dokter ortopedi, sedangkan yang kedua menyarankan olahraga renang dan konsultasi kembali setelah 6 bulan. Jadi dari pada beresiko, langsung saya periksakan ke dokter ortopedi.
		Apa yang kamu rasakan saat pertama kali menggunakan <i>brace</i> ?	Rasa sakit dari tekanan di bagian dada dan panggul sangat mengganggu dan membuat tidak nyaman saat menggunakan <i>brace</i>
		Bagaimana perasaanmu ketika mengetahui kalau kamu skoliosis?	Menerima dengan ikhlas dan tetap mematuhi penggunaan <i>brace</i> yang disarankan oleh dokter
		Sejak kapan Anda tahu bahwa Anda memiliki skoliosis?	Mulai kelihatannya itu ketika sedang sholat; bagian tulang punggungnya ada yang lebih tinggi saat ruku'

BAB 4 STUDI DAN ANALISIS

4.1 Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai penggunaan *scoliosis brace* dalam aktivitas sehari-hari serta proses produksi *brace* yang saat ini digunakan oleh pasien *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS). Kegiatan observasi dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang muncul selama penggunaan *brace* serta menemukan peluang pengembangan desain yang lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Observasi dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap pasien pengguna *brace* serta praktisi orthotik prostetik yang terlibat dalam proses pembuatan dan pemasangan *brace*. Melalui observasi ini, penulis dapat memahami hubungan antara kebutuhan biomekanika koreksi tulang belakang dengan pengalaman penggunaan *brace* dalam kehidupan sehari-hari.



Gambar 4.1 Dokumentasi penggunaan brace
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2026)

Selama proses observasi, penulis mengamati berbagai aktivitas yang dilakukan pengguna saat menggunakan *brace*, seperti berjalan, duduk, dan melakukan aktivitas sehari-hari. Pengamatan difokuskan pada interaksi antara tubuh pengguna dengan *brace*, khususnya pada area yang berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan atau membatasi gerakan.

Hasil observasi menunjukkan bahwa penggunaan *brace* dalam durasi yang panjang sering menimbulkan rasa tidak nyaman pada area dada, pinggang, dan panggul akibat tekanan koreksi yang diberikan oleh *brace*. Selain itu, pengguna juga mengalami kesulitan saat harus memasang, melepas, maupun melakukan penyesuaian tingkat kekencangan *brace* secara mandiri.



Gambar 4.2 Dokumentasi aktivitas pengguna saat menggunakan *brace*
(Sumber: Dokumentasi Penulis,2026)

Selain mengamati aktivitas pengguna, observasi juga dilakukan terhadap proses produksi *brace* yang dilakukan oleh praktisi orthotik prostetik. Tahapan yang diamati meliputi proses pengambilan ukuran tubuh, pembuatan cetakan (*casting*), proses pembentukan material, hingga proses *fitting* pada pasien.

Melalui observasi tersebut diketahui bahwa pembuatan *brace* konvensional masih memerlukan proses yang cukup panjang (2-3 minggu) dan melibatkan beberapa tahapan manual. Selain itu, *brace* umumnya perlu diganti secara berkala seiring pertumbuhan tubuh pengguna sehingga berdampak pada biaya terapi yang harus dikeluarkan oleh pasien dan keluarga.

Berdasarkan hasil observasi lapangan, diperoleh beberapa temuan utama yaitu kebutuhan akan *brace* yang lebih nyaman digunakan dalam aktivitas harian dan mudah dioperasikan secara mandiri. Temuan-temuan tersebut kemudian menjadi dasar dalam penyusunan analisis kebutuhan pengguna dan pengembangan konsep desain pada tahap selanjutnya.

4.2 Studi Produk Existing

Studi produk *existing* dilakukan dengan membandingkan beberapa jenis *scoliosis brace* yang saat ini digunakan dalam terapi AIS. Analisis dilakukan untuk memahami hubungan antara fungsi koreksi, kenyamanan penggunaan, kemudahan operasional, dan kemampuan *brace* dalam mendukung aktivitas harian pengguna. Produk yang dianalisis meliputi Boston/Wilmington Brace, Chêneau Brace, dan *brace* berbasis 3D *printing* dari UNYQ.

Tabel 4.1 Benchmark Produk Existing
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

No.	Nama Produk	Karakteristik	Value/Fitur yang diterapkan
1	Boston Brace	Jenis: TLSO <i>rigid brace</i> . Material termoplastik tebal. Menggunakan sistem <i>strap velcro</i> sebagai pengencang. Digunakan 18–23 jam per hari untuk menghambat progresivitas kurva skoliosis. Memiliki struktur tertutup dengan bukaan pada bagian depan.	Prinsip koreksi biomekanika yang efektif melalui sistem <i>three-point pressure</i> . Sistem <i>strap</i> yang sederhana dan mudah diproduksi. Struktur TLSO yang mampu memberikan stabilisasi tubuh dengan baik.

No.	Nama Produk	Karakteristik	Value/Fitur yang diterapkan
2	<i>Chêneau Brace</i>	Jenis: TLSO asimetris <i>rigid brace</i> . Menggunakan prinsip koreksi tiga dimensi (<i>3D correction</i>). Memiliki <i>pressure zone</i> dan <i>expansion zone</i> yang disesuaikan dengan karakteristik kurva pasien. Bentuk <i>brace</i> lebih kompleks dibanding <i>Boston Brace</i> .	Konsep <i>zoning</i> antara area koreksi dan area ekspansi pernapasan. Pendekatan koreksi 3D yang lebih spesifik. Bentuk <i>brace</i> yang mengikuti anatomi tubuh pengguna sehingga dapat meningkatkan kenyamanan dan efektivitas koreksi.
3	<i>3Dprint brace UNYQ</i>	Jenis: TLSO berbasis <i>digital fabrication</i> dan <i>3D printing</i> . Menggunakan struktur <i>lattice</i> atau perforasi untuk meningkatkan ventilasi. Profil lebih tipis dan modern dibanding <i>brace</i> konvensional. Diproduksi melalui proses <i>scanning</i> tubuh pasien dan manufaktur digital.	Struktur rongga udara (<i>breathable design</i>). Profil produk yang lebih tipis dan estetik. Pemanfaatan teknologi digital dan desain parametrik. Potensi integrasi sistem <i>adjustable</i> pada struktur modular hasil <i>3D printing</i> .

Berdasarkan studi produk *existing* yang telah dilakukan, diperoleh beberapa fitur yang berpotensi diterapkan pada perancangan. Dari *Boston Brace* diadaptasi prinsip koreksi biomekanika dan stabilitas struktur TLSO. Dari *Chêneau Brace* diadaptasi konsep *zoning* berupa area koreksi dan area ekspansi untuk meningkatkan kenyamanan pengguna. Sementara itu, dari *brace 3D print UNYQ* diadaptasi pendekatan rongga udara, profil yang lebih ramping, serta pemanfaatan teknologi manufaktur digital. Kombinasi ketiga pendekatan tersebut menjadi dasar dalam pengembangan *scoliosis brace* dengan sistem *adjustable* yang mampu mendukung aktivitas harian pasien.

4.3 Studi Standar dan Persyaratan Desain Produk

Studi standar dan persyaratan desain dilakukan untuk menentukan kriteria yang harus dipenuhi oleh produk *scoliosis brace* yang akan dirancang. Persyaratan tersebut disusun berdasarkan hasil observasi pengguna, wawancara dengan pasien dan praktisi orthotik prostetik, studi literatur mengenai biomekanika skoliosis, serta *benchmarking* produk *existing*. Melalui studi ini, diperoleh beberapa aspek utama yang menjadi acuan dalam proses perancangan produk.

a. Biomekanika koreksi

Sebagai perangkat orthosis, *brace* harus mampu memberikan gaya koreksi yang diperlukan untuk menghambat progresivitas kurva skoliosis. Oleh karena itu, desain harus mampu mempertahankan prinsip *three-point pressure system* yang umum diterapkan pada *brace* skoliosis.

Penerapan pada desain:

- Memiliki area *pressure zone* sebagai titik koreksi utama.
- Memiliki *expansion zone* untuk mengarahkan pergerakan tubuh sesuai prinsip koreksi.
- Struktur tetap stabil selama digunakan beraktivitas.

b. Ergonomi

Produk dirancang untuk mendukung aktivitas harian pengguna sehingga aspek ergonomi menjadi salah satu pertimbangan utama. Brace harus mampu mengikuti pergerakan tubuh tanpa menimbulkan ketidaknyamanan yang berlebihan selama penggunaan.

Penerapan pada desain:

- Menyesuaikan kontur tubuh pengguna.
- Tidak menghambat aktivitas berjalan dan bergerak.
- Tidak mengganggu pernapasan.

c. Kemudahan Penggunaan

Sebagian besar pengguna *brace* merupakan anak-anak dan remaja yang masih membutuhkan bantuan dalam pemasangan dan pengaturan *brace*. Oleh karena itu, produk perlu dirancang agar mudah digunakan secara mandiri.

Penerapan pada desain:

- Sistem *adjustment* mudah dijangkau.
- Mudah dipasang dan dilepas.
- Dapat dioperasikan tanpa bantuan orang lain.

d. Kenyamanan Termal

Penggunaan *brace* dalam jangka waktu yang panjang sering menimbulkan rasa panas dan gerah akibat terbatasnya sirkulasi udara. Oleh karena itu, desain perlu mempertimbangkan aspek ventilasi dan kenyamanan termal.

Penerapan pada desain:

- Memiliki area rongga udara.
- Mengurangi akumulasi panas dan kelembaban.
- Meminimalkan risiko iritasi kulit.

e. Keamanan Produk

Sebagai produk yang bersentuhan langsung dengan tubuh pengguna, *brace* harus aman digunakan dalam berbagai aktivitas sehari-hari.

Penerapan pada desain:

- Tidak memiliki sudut tajam.
- Tidak menyebabkan luka atau lecet pada kulit.
- Sistem *Adjustment* aman digunakan berulang kali.

f. Material dan Manufaktur

Pemilihan material dan proses manufaktur harus mampu mendukung kebutuhan biomekanika sekaligus mempertimbangkan kemudahan produksi.

Penerapan pada desain:

- Material memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan gaya koreksi
- Material ringan dan nyaman digunakan
- Mudah dirakit dan diperbaiki

g. Estetika Produk

Sebagian besar pengguna *brace* berada pada rentang usia remaja yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap penampilan. Oleh karena itu, aspek visual menjadi salah satu pertimbangan penting dalam proses perancangan.

Penerapan pada desain:

- Memiliki profil yang tipis/ramping

- Tidak terlalu mencolok saat digunakan
- Mengurangi kesan medis yang berlebihan

Berdasarkan studi standar dan persyaratan desain yang telah dilakukan, diperoleh tujuh aspek utama yang menjadi acuan dalam proses perancangan, yaitu biomekanika koreksi, ergonomi, kemudahan penggunaan, kenyamanan termal, keamanan produk, material dan manufaktur, serta estetika produk. Ketujuh aspek tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam penyusunan *Design Requirement and Objective (DRnO)* pada tahap selanjutnya.

4.4 Market Survey and Competitor Analys

Tabel 4.2 *Benchmark Produk Existing*
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Parameter	Kompetitor 1	Kompetitor 2	Kompetitor 3
Nama	<i>Boston Brace</i>	<i>Chêneau Brace</i>	<i>UNYQ 3D Printed Brace</i>
Tipe Produk	<i>TLSO Rigid brace</i>	<i>TLSO Asymmetric Brace</i>	<i>3D Printed TLSO</i>
Pengguna	AIS 20°-40°	AIS 20°-45°	AIS & Pengguna Orthosis
Material	<i>Polypropylene Thermoplastic</i>	<i>Thermoplastic Custom</i>	<i>Medical Grade Polymer</i>
Sistem Koreksi	<i>Three Point Pressure</i>	<i>Triplanar Correction</i>	<i>Triplanar Correction</i>
Sistem Pengencangan	<i>Velcro Strap</i>	<i>Velcro Strap</i>	<i>Strap & Custom Fit</i>
Sirkulasi Udara	Rendah	Sedang	Tinggi
Kemudahan Pemakaian	Sedang	Sulit	Mudah
Kenyamanan Aktivitas	Sedang	Sedang	Tinggi
<i>Adjustability</i>	Rendah	Rendah	Sedang
Estetika Produk	Rendah	Rendah	Tinggi
Kelebihan	Efektif secara klinis, sederhana	Koreksi 3D lebih optimal	Ringan, <i>Breathable</i> , modern
Kekurangan	Gerah, <i>Bulky</i>	Sulit digunakan, tebal	Harga tinggi, belum <i>adjustable</i> aktif

Tabel 4.3 Penilaian dengan *MSCA*
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Parameter	<i>Boston Brace</i>	<i>Chêneau Brace</i>	<i>UNYQ 3D Printed Brace</i>
<i>Dynamic Comfort</i>	<i>Brace cenderung kaku dan minim ventilasi sehingga sering menimbulkan</i>	Memiliki <i>expansion zone</i> namun masih menggunakan material <i>rigid</i>	Struktur ventilasi dan profil tipis meningkatkan

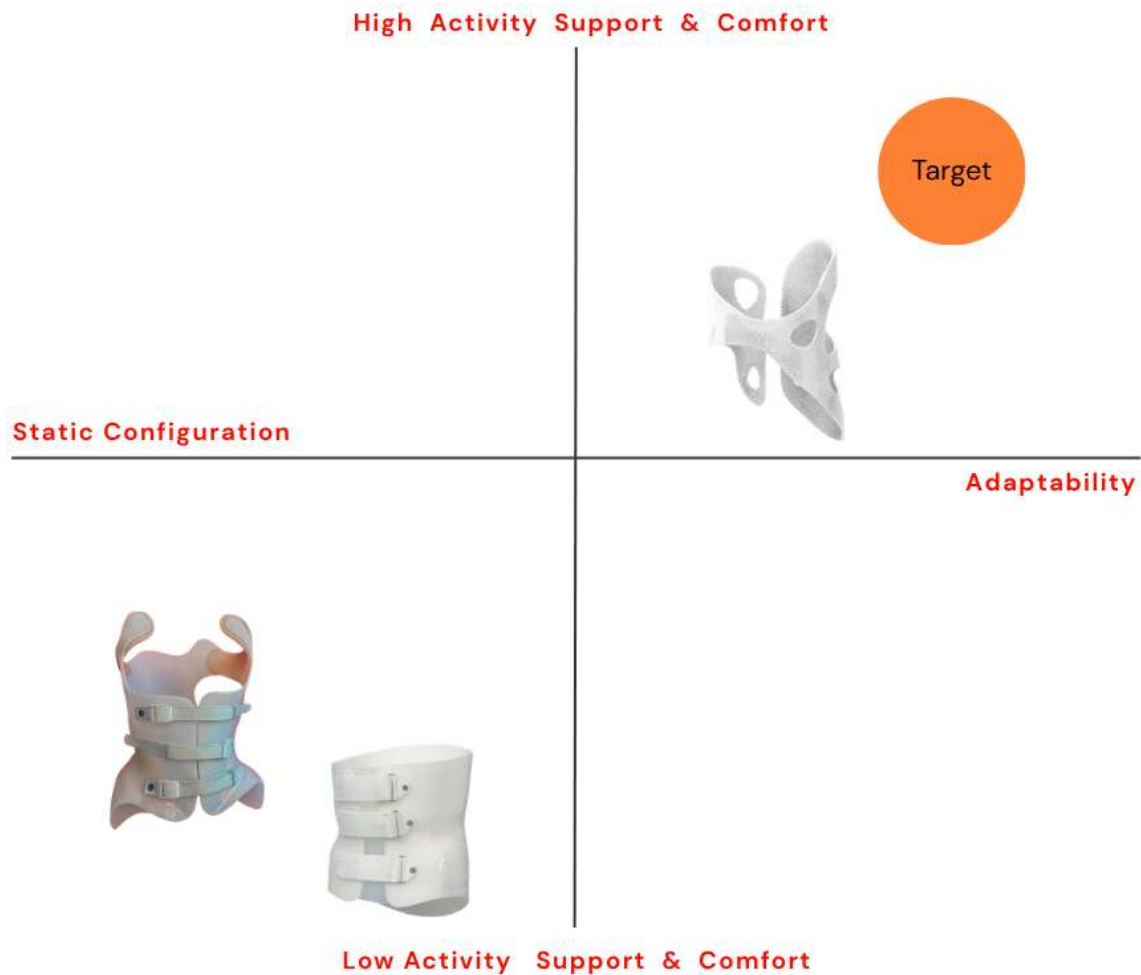
Parameter	<i>Boston Brace</i>	<i>Chêneau Brace</i>	<i>UNYQ 3D Printed Brace</i>
	rasa gerah saat digunakan dalam durasi panjang	sehingga kenyamanan masih terbatas	kenyamanan penggunaan
Skor	2	3	5
<i>Independent Adjustment</i>	Menggunakan <i>strap</i> konvensional namun masih memerlukan bantuan pengguna lain dalam beberapa kondisi	Sistem pengencangan relatif sulit dijangkau dan dioperasikan secara mandiri	Lebih mudah digunakan karena desain lebih ergonomis namun belum memiliki <i>adjustment</i> aktif
Skor	3	2	4
<i>Activity Support</i>	Dapat digunakan sepanjang hari namun membatasi beberapa aktivitas karena bentuk yang <i>bulky</i>	Koreksi baik namun bentuk asimetris masih cukup membatasi aktivitas tertentu	Koreksi baik namun bentuk asimetris masih cukup membatasi aktivitas tertentu
Skor	3	3	5
Rongga Udara	Rendah	Sedang	Tinggi
Skor	2	3	5
Estetika Produk	Tampilan medis dan cukup mencolok	Bentuk kompleks dan <i>bulky</i>	Modern, tipis, dan lebih menarik secara visual
Skor	2	2	5
Potensi Pengembangan <i>Adjustment</i>	Rendah	Sedang	Tinggi
Skor	2	3	5
Total	14	16	29

Berdasarkan hasil penilaian yang dilakukan, *UNYQ 3D Printed Brace* memperoleh skor tertinggi dibandingkan produk kompetitor lainnya. Produk tersebut menawarkan beberapa keunggulan yang relevan dengan kebutuhan pengguna remaja, seperti profil yang lebih tipis, sirkulasi udara yang lebih baik, serta tampilan yang lebih modern dibandingkan *brace* konvensional.

Meskipun demikian, produk tersebut masih belum memiliki sistem *adjustment* yang memungkinkan pengguna melakukan penyesuaian ukuran dan tingkat kekencangan sesuai kebutuhan aktivitas harian. Di sisi lain, *Boston Brace* dan *Chêneau Brace* memiliki performa koreksi yang baik secara klinis, namun masih memiliki keterbatasan pada aspek kenyamanan, ventilasi, dan kemudahan penggunaan.

4.5 Analisis Positioning Product

Analisis *positioning product* dilakukan untuk menentukan posisi produk yang akan dirancang dibandingkan dengan produk *scoliosis brace* yang telah tersedia di pasaran. Positioning dilakukan menggunakan matriks *value 2 × 2* berdasarkan dua parameter utama yang diperoleh dari hasil observasi, *benchmarking*, dan analisis kebutuhan pengguna, yaitu *biomechanical correction* dan *activity support & comfort*.



Gambar 4.3 Matrix 2x2
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Berdasarkan analisis *positioning* produk pada matriks 2×2 , *scoliosis brace* yang akan dirancang diarahkan untuk menempati kuadran dengan nilai *activity support & comfort* yang tinggi serta tingkat *adaptability* yang tinggi. Posisi ini dipilih sebagai respons terhadap keterbatasan *brace existing* yang cenderung memiliki konfigurasi statis dan kurang nyaman digunakan dalam aktivitas sehari-hari. Oleh karena itu, pengembangan desain difokuskan pada peningkatan kenyamanan, kemudahan penyesuaian ukuran, serta dukungan aktivitas pengguna tanpa mengurangi fungsi biomekanika koreksi yang menjadi fungsi utama *brace*.

4.6 Analisis Market Gap

Berdasarkan hasil Benchmarking, evaluasi menggunakan MSCA, serta analisis positioning produk, ditemukan bahwa setiap produk existing memiliki keunggulan dalam aspek tertentu, namun belum mampu mengakomodasi seluruh kebutuhan secara bersamaan. Maka dari itu, dilakukan analisis *market gap* untuk mengidentifikasi celah pengembangan produk yang belum tersedia di pasar saat ini.

Tabel 4.4 Analisis Desain Gap
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

Aspek Analisis	Kondisi Existing	Kebutuhan Pengguna	Market Gap	Arah pengembangan Produk
Biomekanika Koreksi	<i>Brace Existing</i> mampu memberikan koreksi kurva melalui sistem tekanan biomekanis, namun konfigurasi bersifat permanen	Area koreksi harus tetap sesuai dengan anatomi pasien selama penggunaan	Belum terdapat sistem yang mempertahankan are koreksi dan mengakomodasi pertumbuhan dimensi tubuh	Panel korektif dibuat <i>made-to-fit</i> , sedangkan struktur non-korektif dibuat <i>adjustable</i>
Adaptasi Pertumbuhan	Sebagian besar <i>brace</i> memiliki ukuran statis sehingga perlu diganti ketika pengguna mengalami pertumbuhan	<i>Brace</i> mampu mengikuti perubahan dimensi tubuh selama masa pertumbuhan	Belum tersedia <i>brace</i> yang dapat menyesuaikan dimensi tubuh dalam rentang tertentu	Pengembangan struktur <i>adjustable</i> dengan rentang <i>vertical adjustment</i>
Kenyamanan Aktivitas	Cenderung tidak nyaman karena profil <i>brace</i> yang tebal dan panas	<i>Brace</i> yang nyaman digunakan sehari-hari	Belum banyak <i>brace</i> yang menggabungkan fungsi koreksi dengan kenyamanan penggunaan	Profil yang lebih tipis, <i>expansion room</i> lebih baik dan penggunaan <i>padding</i> yang nyaman
Kemudahan Penggunaan	Sebagian <i>brace</i> masih memerlukan bantuan orang tua saat menggunakan dan melepas	Pengguna mudah memakai dan melepas secara mandiri	Mekanisme Pengoperasian yang sederhana masih terbatas pada produk <i>existing</i>	Integrasi <i>quick-release buckle</i> dan pengaturan kekencangan yang mudah dijangkau
Manufaktur	Proses produksi memerlukan waktu relatif lama (14-20 hari)	Proses produksi yang lebih efisien	Masih terbatas pemanfaatan <i>rapid prototyping</i> dalam <i>medical device</i>	Optimalisasi 3D <i>printing</i> untuk menghasilkan <i>prototype</i> yang lebih fleksibel, cepat, dan mudah dikembangkan

Berdasarkan hasil analisis *market gap* pada tabel 4.4, diketahui bahwa produk *brace* yang tersedia saat ini telah mampu memenuhi fungsi biomekanika koreksi, namun masih memiliki keterbatasan dalam mengakomodasi perubahan dimensi tubuh pengguna, kenyamanan

penggunaan, serta kemudahan pengoperasian secara mandiri. Selain itu, sebagian besar produk masih menggunakan struktur yang bersifat permanen(*rigid*) sehingga memerlukan pembuatan ulang ketika terjadi perubahan dimensi tubuh pengguna.

Berdasarkan kondisi tersebut, peluang pengembangan produk diarahkan pada perancangan *scoliosis brace* dengan mekanisme *hybrid*, yaitu mengombinasikan panel korektif *made-to-fit* dengan struktur tengah yang universal dan *adjustable*. Pendekatan ini diharapkan mampu mempertahankan fungsi biomekanika pada area koreksi sekaligus memberikan adaptasi terhadap perubahan antropometri pengguna tanpa mengubah keseluruhan panel *brace*.

4.7 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna yang berkaitan dengan penggunaan *scoliosis brace* dalam aktivitas sehari-hari.

4.7.1 Analisis Segmentasi Pengguna

Analisis ini bertujuan untuk memahami karakteristik pengguna, aktivitas yang dilakukan, serta harapan terhadap produk yang akan dirancang. Metode yang digunakan adalah AIO (*Activity, Interest, Opinion*) yang dikombinasikan dengan hasil observasi dan wawancara pengguna.

Tabel 4.5 Tabel Analisis AIO
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

Demografi	AIO			Needs
	<i>Activity</i>	<i>Interest</i>	<i>Opinion</i>	
Pasien AIS	Sekolah, belajar, berjalan, berinteraksi dengan teman, mengikuti kegiatan ekstrakurikuler.	Produk yang nyaman, ringan, modern, dan tidak terlihat seperti alat medis.	<i>Brace</i> sering terasa panas, membatasi gerakan, dan membuat kurang percaya diri.	Produk yang nyaman digunakan dalam aktivitas harian, tidak mengganggu pergerakan, dan tidak terlalu mencolok saat digunakan.
Orang Tua Pasien	Mendampingi terapi anak, mengantar kontrol rutin, memantau penggunaan <i>brace</i> .	Produk yang berkualitas, nyaman digunakan anak, serta memiliki nilai guna yang tinggi.	<i>Brace</i> harus membantu terapi secara efektif namun tetap nyaman digunakan oleh anak dalam aktivitas sehari-hari.	Produk yang aman, tahan lama, efektif membantu terapi, dan memiliki masa pakai yang lebih panjang.
<i>Orthotist</i> / Tenaga Medis	Evaluasi pasien, <i>fitting brace</i> , <i>monitoring</i> perkembangan terapi.	Produk yang presisi, aman, dan mudah dilakukan penyesuaian.	<i>Brace</i> yang baik harus mampu menjaga efektivitas koreksi	Produk yang mudah disesuaikan dengan kondisi pasien, mudah

			sekaligus meningkatkan kepatuhan penggunaan pasien.	dipasang, dan tetap mempertahankan fungsi biomekanika koreksi.
--	--	--	---	--

Berdasarkan tabel tersebut, diketahui bahwa pasien AIS membutuhkan *brace* yang nyaman, mudah disesuaikan, dan mendukung aktivitas harian tanpa mengurangi fungsi koreksi. Sementara itu, orang tua dan tenaga medis mengharapkan produk yang efektif, aman, serta memiliki nilai guna yang tinggi dalam menunjang proses terapi skoliosis.

4.7.2 Customer Journey Mapping

Customer Journey Mapping (CJM) menggambarkan pengalaman pasien *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS) selama menggunakan *brace* dalam aktivitas sehari-hari. Analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi aktivitas utama pengguna, hambatan yang dialami selama penggunaan *brace*, serta peluang pengembangan desain yang dapat mendukung aktivitas harian pasien.

Tabel 4.6 Customer Journey Mapping
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

Tahapan	Aktivitas	Emosi	Perasaan	<i>Paint poin</i>	Peluang Desain
Pagi Hari	Memakai <i>brace</i> sebelum sekolah	😬	Biasa, terkadang kesulitan	Sulit memasang dan mengatur kekencangan sendiri	Sistem <i>adjustment</i> yang mudah digunakan
Perjalanan ke Sekolah	Berjalan dan berpindah tempat	😬	Cukup nyaman	<i>Brace</i> terasa bergeser saat bergerak	Sistem penguncian yang stabil
Belajar di Kelas	Duduk dalam waktu lama	😞	Tidak nyaman setelah beberapa jam	Tekanan pada dada, pinggang, dan perut	<i>Padding</i> ergonomis
Istirahat di Sekolah	Bergerak dan berinteraksi dengan teman	😞	Kurang percaya diri	<i>Brace</i> terlihat melalui pakaian	Profil produk lebih ramping
Pergi ke toilet	Menyesuaikan <i>brace</i>	😞	Kesulitan	Membutuhkan waktu untuk mengatur ulang <i>brace</i>	Independent <i>adjustment</i>

Pulang sekolah	beristirahat	😞	Mulai merasa gerah	Rongga udara kurang baik	Struktur <i>breathable</i>
Aktivitas di Rumah	belajar	😞	Merasa tidak nyaman	Tekanan pada dada, pinggang, dan perut	-
Malam Hari	Melepas <i>brace</i>	😬	Lega	Muncul bekas tekanan pada kulit	Distribusi tekanan yang merata

4.7.3 Persona

Berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan studi literatur mengenai pasien AIS, diperoleh gambaran target pengguna dan pengambil keputusan dalam penggunaan *scoliosis brace*. Persona digunakan untuk memahami kebutuhan, motivasi, perilaku, dan permasalahan yang dialami sehingga dapat menjadi dasar dalam proses perancangan produk.

A. Buyer Persona

Buyer persona adalah seorang ibu berusia 33 tahun yang memiliki anak perempuan berusia 12 tahun dengan kondisi *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS). Sebagai orang tua yang berperan dalam pengambilan keputusan terapi, persona ini menginginkan *scoliosis brace* yang mampu membantu proses koreksi kelengkungan tulang belakang namun tetap nyaman digunakan saat anak beraktivitas di sekolah maupun lingkungan sosial. Persona ini juga mengharapkan produk yang mudah digunakan, memiliki tingkat kenyamanan yang baik, serta dapat menyesuaikan perubahan ukuran tubuh anak selama masa pertumbuhan.



Gambar 4.4 *User Buyer Persona*
(sumber: Olahan Penulis, 2026)

B. User Persona

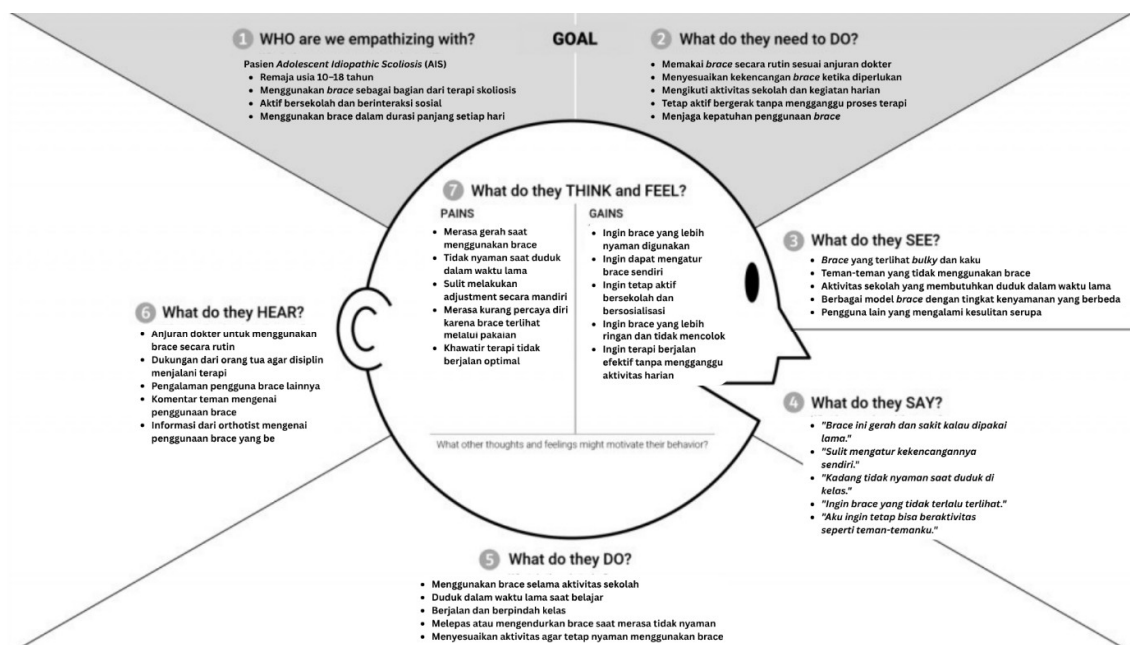
User persona adalah seorang siswi SMP berusia 12 tahun yang didiagnosis *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS) dengan kewajiban menggunakan *brace* sebagai bagian dari terapi koreksi. Persona ini aktif mengikuti kegiatan sekolah dan organisasi serta sering berinteraksi dengan teman-teman seusianya. Ia menyukai produk yang praktis, nyaman, dan tidak membatasi aktivitas sehari-hari. Sebaliknya, ia tidak menyukai *brace* yang terasa panas, sulit diatur sendiri, mengganggu saat duduk dalam waktu lama, atau terlalu terlihat saat digunakan di lingkungan sekolah.



Gambar 4.5 User Persona
(sumber: Olahan Penulis, 2026)

4.7.4 Empathy Map

Empathy map digunakan untuk memahami pengalaman, kebutuhan, perasaan, serta permasalahan yang dialami pengguna selama menggunakan *scoliosis brace*. Metode ini membantu mengidentifikasi aspek-aspek yang perlu diperhatikan dalam perancangan sehingga produk yang dikembangkan dapat lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna.

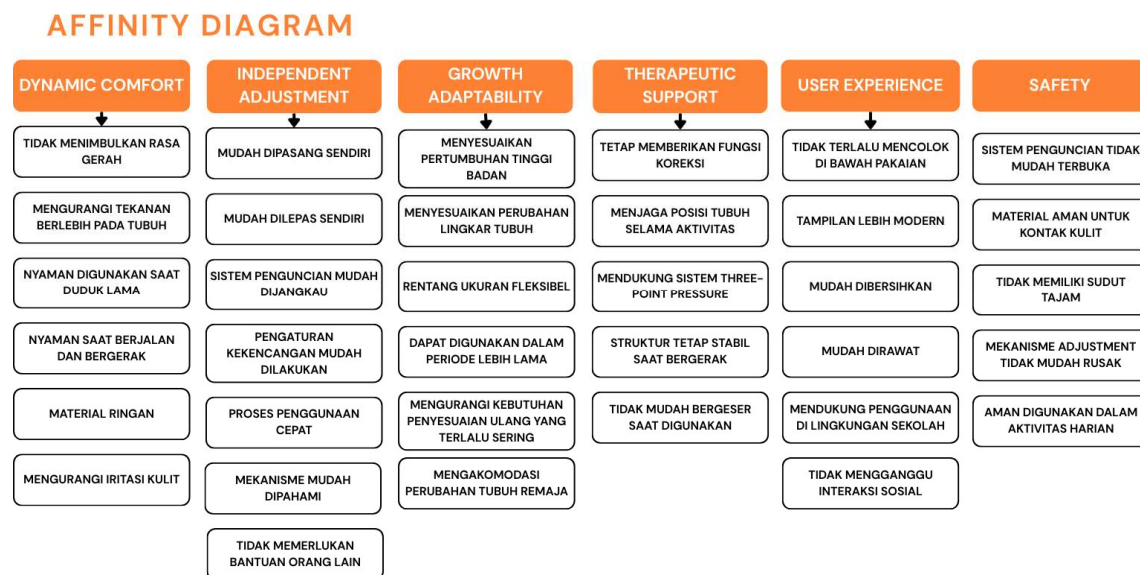


Gambar 4.6 Empathy map
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Berdasarkan hasil *empathy map* tersebut, pengguna membutuhkan *scoliosis brace* yang tidak hanya mampu mendukung proses terapi, tetapi juga nyaman digunakan dalam aktivitas sehari-hari. Pengguna menginginkan sistem *adjustment* yang mudah dioperasikan secara mandiri, ventilasi yang lebih baik untuk mengurangi rasa gerah, serta desain yang lebih ergonomis dan tidak terlalu mencolok saat digunakan. Temuan ini kemudian menjadi dasar dalam pengembangan konsep *Dynamic Comfort*, *Independent Adjustment*, dan *Activity Support* pada perancangan produk.

4.7.5 Affinity Diagram

Affinity diagram digunakan untuk mengorganisir dan mengelompokkan kebutuhan-kebutuhan yang diperoleh dari hasil analisis sebelumnya. Poin-poin yang terdapat pada kelompok tersebut akan dijadikan sebagai bahan pertimbangan dan acuan dalam merancang produk.



Gambar 4.7 Affinity Diagram
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

4.8 Analisis Ergonomi

4.8.1 Antropometri

Data antropometri berperan penting dalam menentukan ukuran, rentang penyesuaian (*adjustment range*), serta posisi komponen *brace* agar dapat digunakan dengan nyaman dan efektif oleh pengguna.

4.8.2 Analisis Area Torakal

Lebar sisi bahu (*Shoulder Breadth*) digunakan untuk menentukan dimensi maksimum area torakal *brace* agar dapat mengakomodasi variasi ukuran tubuh pengguna.

Tabel 4.7 Antropometri Torakal
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

<i>Persentile</i>	Lebar Bahu
5	26,6 cm
50	39,0 cm
95	51,3 cm

Rentang tersebut menunjukkan bahwa lebar area torakal *brace* perlu mampu mengakomodasi variasi ukuran tubuh antara 26,6 cm hingga 51,3 cm. Oleh karena itu diperlukan sistem *adjustable* pada area torso untuk mengakomodasi variasi dimensi pengguna.

4.8.3 Analisis Area Pelvis

Lebar pinggul digunakan untuk menentukan dimensi area *pelvic section*.

Tabel 4.8 Antropometri Pelvis
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

<i>Persentile</i>	Lebar Pinggul
5	21,7 cm
50	32,3 cm
95	43,0 cm

Perbedaan dimensi sebesar 21,3 cm menunjukkan bahwa area pelvis menjadi salah satu area utama yang memerlukan mekanisme penyesuaian ukuran

4.8.4 Analisis Ruang Pernapasan

Tebal dada dan tebal perut digunakan untuk menentukan ruang internal brace.

Tabel 4.9 Antropometri Ruang Pernapasan
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Dimensi	<i>Persentile 5%</i>	<i>Persentile 95%</i>
Tebal dada	8,9 cm	29,8 cm
Tebal Perut	10,3 cm	31,1 cm

Perbedaan dimensi yang cukup besar menunjukkan bahwa *brace* perlu menyediakan ruang ekspansi untuk aktivitas pernapasan dan perubahan volume abdomen saat pengguna duduk maupun makan

4.8.5 Analisis Tinggi Brace

Tinggi *brace* merupakan salah satu dimensi utama yang menentukan cakupan area koreksi pada tubuh pengguna

Tabel 4.10 Antropometri Tinggi Brace
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Dimensi	<i>Persentile 5%</i>	<i>Persentile 95%</i>
Tinggi Duduk Tegak	61,4 cm	95,5 cm

Data antropometri tinggi duduk tegak menunjukkan bahwa desain *brace* dibuat untuk mengakomodasi perubahan dimensi vertikal tubuh pengguna. Oleh karena itu, diperlukan sistem *adjustable* atau elongasi vertikal yang memungkinkan penyesuaian tinggi *brace* tanpa mengurangi efektivitas area koreksi.

4.9 Analisis Pertumbuhan Pengguna

Untuk memahami perubahan dimensi tubuh remaja dengan *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS) selama terapi, dilakukan analisis pertumbuhan pengguna. Masa remaja adalah periode pertumbuhan yang cepat, atau *growth spurt*, yang memungkinkan perubahan besar dalam tinggi dan lingkaran tubuh dalam waktu yang singkat. Kondisi seperti ini sering menyebabkan *brace* yang digunakan tidak sesuai dengan ukuran tubuh pengguna. Akibatnya, mereka mungkin perlu disesuaikan atau bahkan mengganti produk. Akibatnya, analisis ini dilakukan untuk menentukan kebutuhan sistem yang dapat disesuaikan yang dapat menerima perubahan tubuh pengguna selama terapi.

4.9.1 *Growth Spurt* Pada Pasien AIS

Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS) umumnya terjadi pada remaja usia 10–18 tahun, yaitu periode ketika tubuh mengalami percepatan pertumbuhan (*growth spurt*). Pada fase ini, peningkatan tinggi badan dapat terjadi secara signifikan dalam waktu beberapa bulan hingga beberapa tahun. Pertumbuhan yang cepat tersebut juga sering berkaitan dengan progresivitas kurva skoliosis sehingga penggunaan *brace* menjadi salah satu metode terapi yang umum diberikan untuk mengendalikan perkembangan deformitas tulang belakang.

Tabel 4.11 Pertumbuhan Tinggi Badan Remaja Perempuan
(Sumber: WHO Growth Reference / CDC Growth Chart)

Usia	Tinggi Rata-rata(cm)
10 Tahun	138
11 Tahun	145
12 Tahun	152
13 Tahun	157
14 Tahun	160
15 Tahun	162
16 Tahun	163
17 Tahun	163
18 Tahun	164

Data menunjukkan bahwa pengguna AIS yang masih dalam fase pertumbuhan membutuhkan *brace* yang dapat mengakomodasi perubahan dimensi tubuh selama terapi. Peningkatan tinggi badan perempuan terjadi paling cepat pada rentang usia 10–14 tahun dan mulai melambat setelah usia 15 tahun.

4.9.2 Perubahan Dimensi Tubuh

Pertumbuhan remaja menyebabkan perubahan dimensi tubuh yang berpengaruh langsung terhadap kesesuaian *brace*. Beberapa dimensi yang mengalami perubahan selama masa pertumbuhan meliputi tinggi torso, lingkaran dada, lingkaran pinggang/pelvis, dan proporsi tubuh.

Tabel 4.12 Perubahan Dimensi Tubuh Remaja Perempuan Indonesia
(Sumber: Antropometri Indonesia, 2023)

Dimensi	P5	P95	Selisih
Tinggi Duduk Tegak	61,4 cm	95,5 cm	34,1 cm
Lebar Bahu	26,6 cm	51,3 cm	24,7 cm
Lebar Pinggul	21,7 cm	43,0 cm	21,3 cm
Tebal Dada	8,9 cm	29,8 cm	20,9 cm
Tebal Perut	10,3 cm	31,1 cm	20,8 cm

Adanya variasi dimensi tubuh yang cukup besar pada remaja perempuan. Oleh karena itu, perlu diakomodasi melalui sistem penyesuaian tinggi dan lingkaran tubuh agar *brace* tetap sesuai selama masa penggunaan. Sebagian besar *brace* konvensional dibuat berdasarkan cetakan atau pemindaian tubuh individu. Akibatnya, produk memiliki ukuran yang relatif konstan dan tidak dapat mengakomodasi perubahan tubuh yang terjadi selama perkembangan anak.

4.10 Analisis Biomekanika Koreksi

Analisis biomekanika koreksi dilakukan untuk memahami prinsip-prinsip koreksi yang digunakan pada *scoliosis brace* sehingga produk yang dirancang tetap mampu memberikan dukungan korektif tanpa mengurangi kenyamanan pengguna selama beraktivitas. Analisis ini digunakan untuk menentukan posisi *pressure pad*, serta pembagian zona *rigid* dan zona dinamis pada *brace*.

4.10.1 Three-Points Pressure System

Sistem *Three Point Pressure* merupakan prinsip biomekanika dasar yang banyak digunakan pada *scoliosis brace*. Sistem ini bekerja melalui tiga titik gaya yang saling berinteraksi untuk menghasilkan koreksi pada kurva tulang belakang.

Pada sistem ini terdapat:

- Satu titik gaya utama(*corrective force*): gaya F_1
- Dua titik gaya penyeimbang(*counterbalancing force*): gaya R_1 & R_2

Gaya utama diberikan pada area *apex* kurva skoliosis, sedangkan gaya penyeimbang ditempatkan pada sisi yang berlawanan untuk menjaga kestabilan tubuh dan menghasilkan koreksi yang lebih efektif.

4.10.2 Triplanar Control

Skoliosis merupakan deformitas tiga dimensi yang tidak hanya menyebabkan deviasi lateral pada bidang frontal, tetapi juga rotasi vertebra dan perubahan kurva pada bidang sagital. Oleh karena itu, *brace* perlu mempertimbangkan kontrol koreksi pada tiga bidang gerak (*triplanar control*).

Tiga bidang yang dikontrol meliputi:

- Bidang Frontal
Mengontrol deviasi lateral tulang belakang ke arah kanan atau kiri.
- Bidang Transversal
Mengontrol rotasi vertebra yang menyebabkan asimetri tulang rusuk (*rib hump*).
- Bidang Sagital
Menjaga keseimbangan kurva fisiologis tulang belakang selama penggunaan *brace*.

Pada perancangan ini, bentuk panel dan konfigurasi struktur *brace* dirancang untuk mempertahankan prinsip kontrol tiga dimensi tersebut dengan tetap mempertimbangkan fleksibilitas yang diperlukan saat pengguna melakukan aktivitas sehari-hari.

4.10.3 Expansion Room

Selain memberikan tekanan koreksi, *brace* juga memerlukan area kosong (*expansion room*) yang berfungsi sebagai ruang bagi tubuh untuk bergerak menuju arah koreksi. Prinsip ini digunakan pada berbagai *brace* modern seperti Chêneau Brace, di mana tekanan diberikan pada satu sisi tubuh sementara sisi lainnya disediakan ruang ekspansi.

Keberadaan *expansion room* penting untuk:

- Mengurangi tekanan berlebih
- Memfasilitasi proses koreksi
- Mendukung ekspansi rongga dada saat bernapas
- Meningkatkan kenyamanan penggunaan

Pada perancangan ini, area dengan struktur terbuka (*voronoi structure*) dan area tanpa panel dimanfaatkan sebagai *expansion room*.

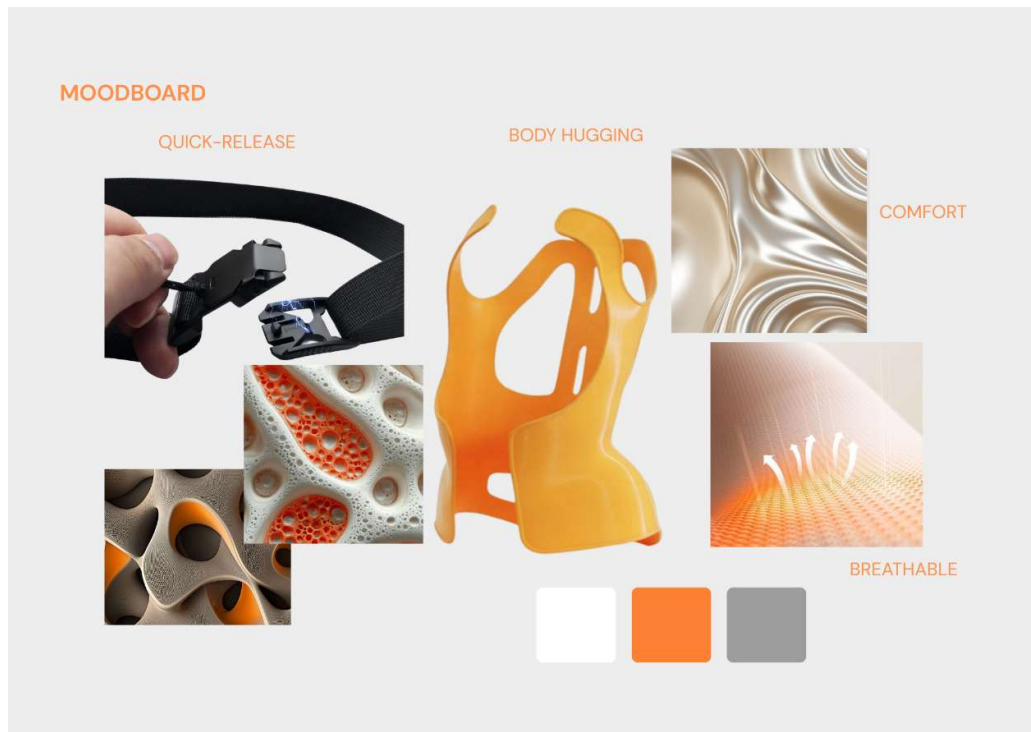
Berdasarkan analisis biomekanika koreksi, posisi *pressure pad* ditentukan pada area lumbar sebagai titik aplikasi gaya koreksi utama, sedangkan area torakal dan pelvis berfungsi sebagai *counter force*. Selain itu, diterapkan area *expansion room* untuk mendukung proses koreksi dan pernapasan pengguna. Hasil analisis ini menjadi dasar pembagian zona *rigid*, zona dinamis, dan zona *adjustable* pada *brace* sehingga fungsi korektif tetap dapat berjalan tanpa mengurangi kenyamanan selama aktivitas harian.

4.11 Concept Board

Concept board merupakan media visual yang digunakan untuk menerjemahkan hasil studi dan analisis ke dalam arah desain yang lebih terstruktur. *Concept board* berfungsi sebagai alat untuk mengkomunikasikan konsep, karakter produk, serta nilai-nilai desain yang akan diterapkan pada proses pengembangan *scoliosis brace*. Selain itu, *concept board* membantu memastikan bahwa keputusan desain yang diambil tetap sesuai dengan kebutuhan pengguna, tujuan terapi, dan aspek ergonomi yang telah diidentifikasi pada tahap sebelumnya.

4.11.1 Mood board

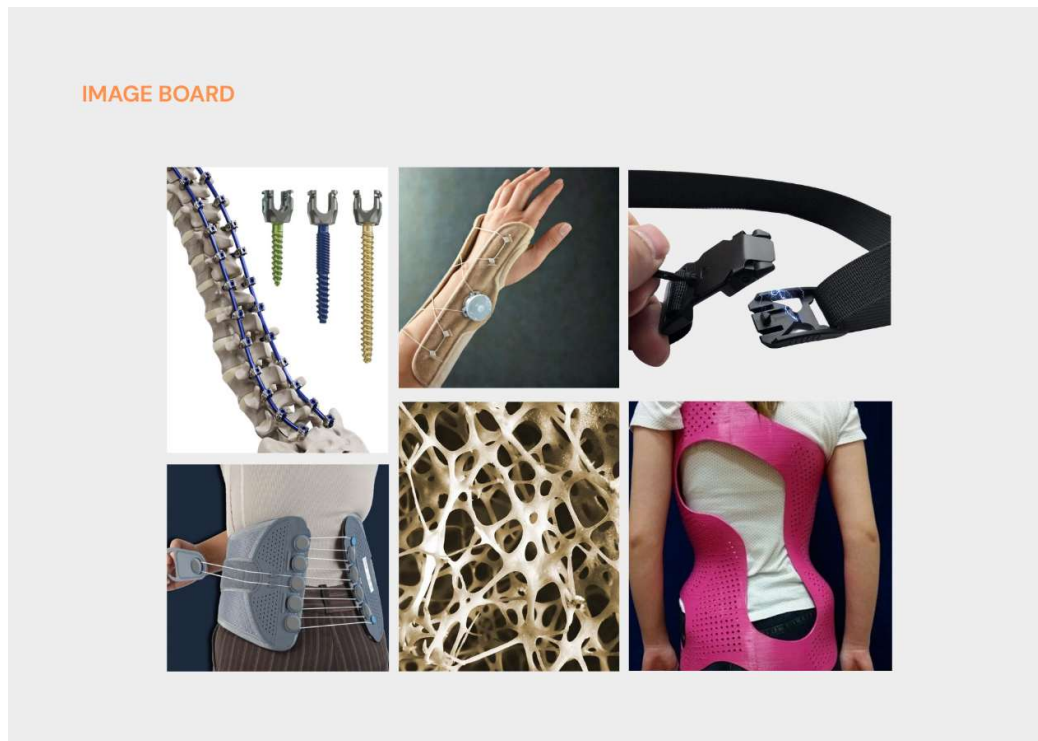
Mood board merupakan kumpulan elemen visual yang digunakan untuk menerjemahkan konsep desain ke dalam suasana, karakter, dan nilai emosional produk yang akan dikembangkan. *Mood board* membantu memvisualisasikan arah desain sehingga proses perancangan memiliki acuan yang konsisten antara kebutuhan pengguna, fungsi produk, dan identitas visual yang ingin ditampilkan.



Gambar 4.8 *Mood board*
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

4.11.2 Imageboard

Imageboard merupakan kumpulan referensi visual yang digunakan untuk menerjemahkan konsep desain menjadi karakter bentuk, material, detail mekanisme, serta bahasa desain produk secara lebih konkret. *Imageboard* digunakan sebagai acuan visual dalam pengembangan desain produk.



Gambar 4.9 *Image board*
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

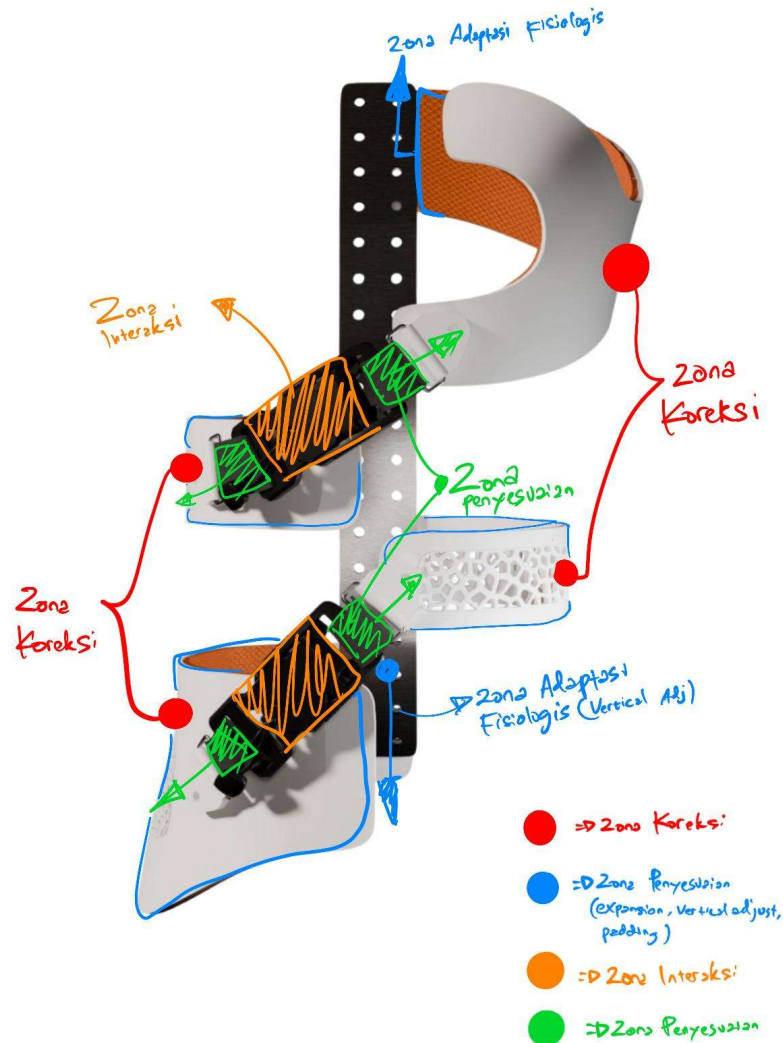
4.12 Analisis *Zoning* Fungsional Produk

Analisis zoning produk dilakukan untuk menerjemahkan kebutuhan biomekanika koreksi, kenyamanan fisiologis, serta kebutuhan adaptasi pertumbuhan pengguna ke dalam pembagian fungsi pada struktur *brace*. Pembagian zona ini bertujuan agar setiap bagian *brace* memiliki fungsi yang spesifik sehingga zona korektif, kenyamanan aktivitas gerak, dan mekanisme *adjustable* dapat diterapkan secara optimal.

Pembagian berdasarkan fungsi ini disusun berdasarkan hasil analisis biomekanika, ergonomi, aktivitas pengguna, serta kebutuhan terhadap pertumbuhan pengguna. berdasarkan hasil dari analisis-analisis sebelumnya, struktur *brace* kemudian dibagi menjadi 4 zona utama berdasarkan karakteristik fungsinya, yaitu zona koreksi(*correction zone*), zona adaptasi(*adaptation zone*), zona penyesuaian(*adjustment zone*), dan zona interksi(*interction zone*).

Tabel 4.13 Tabel Analisis *Zoning* Fungsional
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Kebutuhan	Hasil Analisis	Implikasi Desain	Zona
Koreksi Tulang	<i>Three Point Pressure, Triplanar Control</i>	Struktur <i>Rigid</i>	Zona Koreksi
Kenyamanan Penggunaan	<i>Expansion Room Antropometri</i>	Struktur <i>Breathable, padding</i>	Zona Adaptasi Fisiologis
Adaptasi Pertumbuhan	<i>Growth spurt, Antropometri</i>	<i>Adjustable mechanism</i>	Zona Penyesuaian



Gambar 4.10 Analisis Zoning Fungsional
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

4.12.1 Zona Koreksi

Zona koreksi merupakan area utama yang berfungsi menghasilkan gaya biomekanika untuk memberikan tekanan terhadap kurva skoliosis. Penempatan zona ini berdasarkan prinsip *three-point pressure system*, yaitu dengan memberikan tekanan pada titik koreksi utama serta didukung oleh titik penahan (*counterforce*) sehingga posisi tulang belakang dapat dikendalikan.

4.12.2 Zona Adaptasi Fisiologis

Zona adaptasi fisiologis pada *brace* adalah area yang berfungsi untuk mengakomodasi reaksi fisiologis tubuh saat digunakan. Didasarkan pada temuan ergonomi dan prinsip rung ekspansi, penempatan zona ini dirancang untuk memberikan ruang ekspansi saat bernapas, mengurangi tekanan pada kulit yang menyebabkan iritasi, dan mempertahankan sirkulasi udara.

4.12.3 Zona Penyesuaian(*Adjustable*)

Zona Penyesuaian merupakan area pada *brace* yang berfungsi mengakomodasi perubahan dimensi tubuh pengguna selama masa pertumbuhan. Zona ini ditempatkan berdasarkan analisis maturitas pertumbuhan dan antropometri remaja. Area ini mengintegrasikan mekanisme penyesuaian vertikal dan perubahan lingkaran tubuh yang dapat disesuaikan tanpa mengubah area koreksi utama.

4.12.4 Zona Interaksi

Zona interaksi pada *brace* berfungsi sebagai tempat pengguna berinteraksi dengan produk selama proses pemasangan, pelepasan, dan pengaturan *brace*. Zona ini ditempatkan berdasarkan analisis aktivitas pengguna dan CJM, sehingga mengintegrasikan mekanisme penguncian dan sistem penyesuaian yang mudah dijangkau dan dioperasikan secara mandiri.

4.13 Analisis Alur Penggunaan *Brace*

Analisis alur penggunaan *brace* bertujuan untuk mengidentifikasi tahapan interaksi yang dilakukan pengguna saat menggunakan *scoliosis brace* dalam aktivitas sehari-hari. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kebutuhan pengguna pada setiap tahapan penggunaan sehingga dapat ditentukan fitur dan mekanisme yang sesuai untuk mendukung kenyamanan serta kemandirian pengguna.

Berdasarkan hasil observasi dan *Customer Journey Mapping* (CJM), aktivitas utama pengguna selama menggunakan *brace* terdiri dari beberapa tahapan berikut

Tabel 4.14 Analisis Alur Penggunaan *Brace*
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

No.	Tahapan	Aktivitas
1	Persiapan	Mengambil dan memposisikan brace pada tubuh
2	<i>Donning</i>	Memasang brace dan mengencangkan sistem pengikat
3	<i>Adjustment</i>	Menyesuaikan tingkat kekencangan brace
4	Aktivitas Harian	Sekolah, duduk, berjalan, berinteraksi sosial
5	<i>Re-adjustment</i>	Melakukan penyesuaian ulang saat diperlukan
6	<i>Doffing</i>	Melepas brace setelah selesai digunakan

Berdasarkan tahapan tersebut, diketahui bahwa aktivitas yang paling memengaruhi pengalaman pengguna adalah proses pemasangan, penyesuaian kekencangan, serta penggunaan brace dalam aktivitas harian. Oleh karena itu, fokus pengembangan desain diarahkan pada kemudahan *adjustment* dan peningkatan kenyamanan penggunaan.

4.14 Analisis Komponen Produk

Analisis komponen produk dilakukan untuk mengidentifikasi elemen-elemen utama yang membentuk *brace* yang dirancang. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui fungsi masing-masing komponen serta keterkaitannya dalam mendukung sistem koreksi, kenyamanan penggunaan, dan mekanisme *adjustment* yang menjadi fokus utama perancangan.

Tabel 4.15 Tabel Komponen Produk
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

Komponen	Jumlah	Fungsi
Thoracic Counterforce (Panel Kanan)	1 buah	Berfungsi sebagai titik tumpu (<i>counter force</i>) pada area torakal atas sisi kanan. Komponen ini membantu menahan gaya koreksi utama dan menjaga kestabilan <i>brace</i> pada bagian dada.
Thoracic Counterforce (Panel Kiri)	1 buah	Berfungsi sebagai titik tumpu (<i>counter force</i>) pada area torakal atas sisi kiri. Bersama panel torakal kanan, komponen ini membantu mendistribusikan gaya koreksi secara seimbang.
Lumbar Correction Panel	1 buah	Berfungsi sebagai area aplikasi gaya koreksi utama (<i>corrective force</i>) pada kurva skoliosis. Komponen ini menghasilkan tekanan yang membantu mengarahkan batang tubuh menuju posisi yang lebih optimal.
Lumbar Support Ventilation Panel	1 buah	Berfungsi sebagai area penyesuaian ukuran tubuh sekaligus meningkatkan ventilasi udara. Struktur <i>lattice</i> pada komponen ini membantu mengurangi akumulasi panas selama penggunaan.
Pelvic Counterforce Panel	1 buah	Berfungsi sebagai titik tumpu (<i>counter force</i>) pada area pelvis untuk melengkapi sistem koreksi tiga titik (<i>three-point pressure system</i>) serta menjaga stabilitas <i>brace</i> selama aktivitas pengguna.
Backbone Vertikal Adjustable	1 buah	Berfungsi sebagai struktur utama yang menghubungkan seluruh panel <i>brace</i> . Komponen ini memungkinkan penyesuaian tinggi produk untuk mengakomodasi pertumbuhan pengguna dan variasi dimensi tubuh.
Magnetic Quick Release Buckle	2 buah	Berfungsi sebagai mekanisme penguncian dan pelepasan cepat yang mendukung proses pemasangan dan pelepasan <i>brace</i> secara mandiri.
Padding/Bantalan	Beberapa area	Berfungsi mengurangi tekanan kontak langsung antara <i>brace</i> dan tubuh serta meningkatkan kenyamanan pengguna selama beraktivitas.

4.15 Analisis Sistem *Adjustable*

Analisis sistem *adjustable* dilakukan untuk menentukan mekanisme yang paling sesuai untuk mendukung fungsi penyesuaian brace terhadap perubahan dimensi tubuh pengguna serta meningkatkan kemandirian dalam penggunaan produk. Analisis dilakukan berdasarkan beberapa kriteria yaitu kemudahan penggunaan, kekuatan mekanisme, kenyamanan, kemudahan manufaktur, dan kesesuaian dengan konsep desain yang dikembangkan.

4.15.1 Analisis Mekanisme *Vertical Adjustment*

Mekanisme *vertical adjustment* berfungsi untuk mengakomodasi perubahan tinggi torso pengguna selama masa pertumbuhan tanpa perlu mengganti keseluruhan *brace*. Berdasarkan studi literatur dan produk *existing*, terdapat beberapa alternatif mekanisme yang dapat digunakan.

Tabel 4.16 Analisis Mekanisme Vertical Adjustment
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

Kriteria	<i>Slot Adjustment</i>	<i>Telescopic Rail</i>	<i>Modular Panel</i>
Kemudahan Pengaturan	4	3	2
Kekuatan Struktur	4	5	5
Kemudahan Manufaktur	5	2	3
Bobot	5	3	4
Biaya Produksi	5	2	3
Kesesuaian Desain	5	4	3
Total	28	19	20

Sistem *slot adjustment* memiliki konstruksi sederhana berupa lubang bertingkat yang memungkinkan *backbone* vertikal digeser sesuai kebutuhan kemudian dikunci menggunakan baut atau *fastener*. Mekanisme ini relatif ringan, mudah diproduksi, serta memiliki kekuatan yang cukup untuk kebutuhan *brace* aktivitas harian.

4.15.2 Analisis Mekanisme *Circumference Adjustment*

Mekanisme *circumference adjustment* digunakan untuk mengakomodasi perubahan lingkaran tubuh pengguna sekaligus memungkinkan penyesuaian tingkat kekencangan brace selama digunakan.

Tabel 4.17 Analisis Mekanisme *Circumference Adjustment*
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

Kriteria	<i>Velcro Strap</i>	<i>Ratchet Strap</i>	<i>Reel Knob</i>
Kemudahan Penggunaan	5	4	5
Presisi Pengaturan	2	4	5
Kekuatan Menahan Tarikan	3	5	4
Kemudahan Produksi	5	4	2
Biaya Produksi	5	4	1
Kesesuaian Desain	3	5	5
Total	23	26	22

Ratchet strap memungkinkan pengguna mengatur kekencangan secara bertahap melalui sistem gerigi sehingga lebih presisi dibanding *velcro*. Mekanisme ini juga memiliki kekuatan tarik yang tinggi dan relatif mudah digunakan secara mandiri.

4.15.3 Analisis Sistem Penguncian

Sistem penguncian berperan dalam mempermudah pengguna memasang dan melepas brace secara mandiri.

Tabel 4.18 Analisis Sistem Penguncian
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

Kriteria	<i>Side Release Buckle</i>	<i>Metal Buckle</i>	<i>Magnetic Quick Release</i>
Kemudahan Penggunaan	3	2	5
Operasi Satu Tangan	2	2	5
Kecepatan Penggunaan	3	2	5
Keamanan Penguncian	4	5	4
Kesesuaian Desain	3	3	5
Total	15	14	24

Magnetic Quick Release Buckle memungkinkan kedua bagian *buckle* terkunci secara otomatis ketika didekatkan. Sistem ini membantu pengguna memasang dan melepas *brace* tanpa bantuan orang lain sehingga mendukung konsep *Independent Adjustment*.

4.15.4 Analisis Joint

Joint berfungsi menghubungkan panel-panel *brace* dengan *backbone* utama sekaligus memungkinkan proses penyesuaian tinggi.

Tabel 4.19 Analisis *Joint*
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

Kriteria	<i>Rivet joint</i>	<i>Bolt Joint</i>	<i>Sliding Bolt Joint</i>
Kekuatan	5	4	4
Dapat Disetel	1	4	5
Kemudahan Perawatan	2	4	4
Kemudahan Produksi	5	5	3
Kesesuaian Desain Adjustable	1	4	4
Total	14	21	20

Berdasarkan hasil analisis, *Bolt Joint* dipilih sebagai sistem sambungan pada struktur *brace*. Mekanisme ini menggunakan baut dan mur sebagai elemen pengikat yang menghubungkan panel *brace* dengan *backbone* vertikal *adjustable*.

4.16 Analisis Material

Analisis material dilakukan untuk menentukan material yang sesuai dengan kebutuhan fungsional, biomekanika, kenyamanan, dan manufaktur produk. Pemilihan material mempertimbangkan kemampuan material dalam menahan gaya koreksi, kenyamanan kontak dengan tubuh, berat produk, serta kemudahan proses produksi.

4.16.1 Material Struktur Utama

Struktur utama *brace* berfungsi sebagai media transfer gaya koreksi sekaligus menjaga kestabilan bentuk produk selama digunakan. Oleh karena itu material yang dipilih harus memiliki kekuatan yang cukup, ringan, tahan benturan, dan aman digunakan dalam jangka panjang.

Tabel 4.20 Analisis Material Struktur Utama
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Kriteria	<i>Polypropylene(PP)</i>	ABS	PETG
Kekuatan	4	4	5
Ketahanan Benturan	4	3	5
Bobot Ringan	5	4	4
Fleksibilitas	4	2	4
Biokompatibilitas	5	4	5
Kemudahan Produksi	4	4	5
Total	26	21	28

PETG memiliki kombinasi kekuatan, fleksibilitas, dan ketahanan benturan yang baik sehingga sesuai untuk aplikasi orthosis yang digunakan dalam aktivitas harian. Selain itu, PETG memiliki karakteristik yang kompatibel dengan proses manufaktur aditif (*3D printing*) sehingga memudahkan proses pengembangan bentuk yang kompleks dan kustomisasi produk.

4.16.2 Material Padding

Padding berfungsi sebagai lapisan kontak antara *brace* dan tubuh pengguna. Material ini harus mampu meningkatkan kenyamanan, mengurangi tekanan lokal, serta meminimalkan risiko iritasi kulit akibat penggunaan dalam waktu lama.

Tabel 4.21 Analisis Material *Padding*
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Kriteria	<i>Eva Foam</i>	<i>PU Foam</i>	<i>Spacer Mesh</i>
Kenyamanan	5	4	5
Kemampuan Menyerap Tekanan	4	4	3
Sirkulasi Udara	3	2	5
Bobot	5	4	5
Ketahanan Kelembapan	4	3	5
Kemudahan Produksi	5	4	4
Total	26	21	27

Spacer Mesh merupakan material tekstil tiga dimensi (*3D knitted fabric*) yang memiliki struktur berongga sehingga mampu menciptakan ruang udara di antara tubuh pengguna dan *brace*. Karakteristik tersebut memungkinkan sirkulasi udara yang lebih baik dibandingkan material *padding* konvensional sehingga dapat mengurangi akumulasi panas dan kelembapan selama penggunaan.

4.17 Analisis Produksi

Analisis produksi dilakukan untuk menentukan metode manufaktur yang paling sesuai untuk membuat *scoliosis brace* dengan sistem yang dapat disesuaikan. Analisis ini berkonsentrasi pada fitur seperti presisi bentuk, kekuatan struktur, kenyamanan pengguna, efisiensi produksi, kemudahan perakitan, dan kemungkinan pengembangan produk yang dapat disesuaikan secara massal.

4.17.1 Analisis Metode Pembuatan Produk

A. FDM 3D Printing(*Fused Deposition Modeling*)

Tabel 4.22 Tabel Penilaian FDM *Printing*
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Parameter	Nilai
Presisi	Tinggi
Kompleksitas Produk	Sangat Baik
Biaya Prototipe	Rendah
Kustomisasi	Sangat Tinggi

Metode pembuatan produk ini mampu menghasilkan bentuk anatomis yang presisi, mudah dilakukan revisi desain, serta mendukung proses kustomisasi sesuai kebutuhan pengguna

B. *Vacuum Forming*

Tabel 4.23 Tabel Penilaian Vacuum Forming
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Parameter	Nilai
Presisi	Tinggi
Produksi massal	Baik
Kustomisasi	Sedang

Metode pembuatan produk ini merupakan standar yang umum digunakan dalam industri orthosis karena mampu menghasilkan produk yang kuat, presisi, serta sesuai dengan kontur anatomi pengguna.

C. *CNC Machining*

Tabel 4.24 Tabel Penilaian *CNC Machining*
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Parameter	Nilai
Presisi	Sangat Tinggi
Biaya	Tinggi
Fleksibilitas Produk	Rendah

Metode pembuatan produk ini menghasilkan komponen dengan presisi dan akurasi tinggi, sehingga sesuai untuk pembuatan bagian mekanis yang membutuhkan toleransi ketat.

Berdasarkan perbandingan metode manufaktur, teknologi *FDM 3D Printing* dipilih sebagai metode utama karena mampu membuat geometri yang kompleks yang sesuai dengan anatomi pasien, mendukung sistem kustomisasi massa, dan mempermudah integrasi mekanisme yang dapat disesuaikan pada struktur *brace*.

4.17.2 Analisis Perakitan Produk

Komponen yang dirakit antara lain, struktur utama *brace*, *vertical adjustment*, *bolt joint*, *strap system*, dan *spacer mesh padding*.

Tabel 4.25 Tabel Perakitan Komponen Produk
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Komponen	Metode
<i>Body brace</i>	<i>Mechanical Fastenig</i>
<i>Vertical adjustment</i>	<i>Bolt Joint</i>
<i>Padding</i>	<i>Velcro Attachment</i>
<i>Strap</i>	<i>Rivet+Magnetic Buckle</i>

Berdasarkan hasil analisis sistem perakitan produk menggunakan kombinasi *bolt joint*, *strap system*, dan pemasangan modular pada komponen *padding*. Sistem ini dipilih karena memiliki kekuatan struktur yang baik, mendukung mekanisme yang dapat disesuaikan, dan memudahkan perawatan dan penggantian komponen selama masa penggunaan produk.

4.18 HPP dan Harga Jual

Tabel 4.26 Tabel HPP Produk
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Material					
No.	Komponen	Keterangan	Unit/Qty	Satuan	Harga
1	Filamen PETG	Struktur Utama	1,5 kg	Rp 250.000	Rp 375.000
2	<i>Spacer Mesh</i>	<i>Padding</i> Area kontak Kulit	0,5 m	Rp 80.000	Rp 40.000
3	<i>Velcro Strap</i>	Sistem Pengencang	2 m	Rp 25.000	Rp 50.000
4	<i>Quick Release Buckle</i>	Pengunci <i>Strap</i>	2 buah	Rp 20.000	Rp 40.000
5	<i>Aluminium Plate</i>	<i>Vertical Adjustment</i>	1 batang	Rp 50.000	Rp 100.000
6	Baut Stainless M4	Sistem <i>Bolt Joint</i>	8 buah	Rp 2.500	Rp 20.000
7	Mur Stainless M4	Pengunci Sambungan	8 buah	Rp 1.500	Rp 12.000
8	Eva Foam	Bantalan Area Tekan	0,5 m	Rp 50.000	Rp 25.000
9	Lem Fox	Pemasangan <i>Padding</i>	1 kaleng	Rp 35.000	Rp 35.000
10	Amplas	Finishing Produk	5 lembar	Rp 3.000	Rp 15.000
11	Branding Sticker	Logo dan Identitas Produk	1 set	Rp 20.000	Rp 20.000
Subtotal Material					Rp 732.000

Jasa & Produksi					
No.	Komponen	Keterangan	Unit/Qty	Satuan	Harga
12	Body Scanning	Scanning bentuk tubuh	1 kali	Rp 500.000	Rp 500.000
13	Design Engineering	CAD, Surface Modelling, Assembly Design	1 proyek	Rp 2.500.000	Rp 2.500.000
14	Prototype Development	Proses desain & iterasi prototipe	1 proyek	Rp 750.000	Rp 750.000

15	Biaya 3D Printing	Manufaktur FDM	1 unit	Rp 750.000	Rp 750.000
16	Assembly	Perakitan komponen	1 unit	Rp 250.000	Rp 250.000
17	Fitting	Penyesuaian pengguna	1 kali	Rp 250.000	Rp 250.000
18	Quality Control	Pemeriksaan fungsi & dimensi	1 kali	Rp 150.000	Rp 150.000
19	Packaging	Kemasan Produk	1 set	Rp 75.000	Rp 75.000
Subtotal Jasa&Produksi					Rp. 5.225.000
Total HPP					RP. 5.967.000

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diketahui bahwa biaya produksi untuk pembuatan satu unit *Adjustable Scoliosis Brace* adalah sebesar Rp. 5.967.000,00 Untuk menentukan harga jual produk, digunakan margin keuntungan sebesar 30% dari total biaya produksi.

$$\begin{aligned}
 \text{Harga Jual} &= \text{Harga Produksi} + (\text{Harga Produksi} \times \text{Margin Keuntungan } 30\%) \\
 &= \text{Rp } 5.967.000 + (\text{Rp } 5.967.000 \times 30\%) \\
 &= \text{Rp } 5.967.000 + \text{Rp } 1.790.100 \\
 &= \text{Rp } 7.757.100
 \end{aligned}$$

Harga jual kemudian dibulatkan sehingga diperoleh harga jual akhir sebesar Rp 7.800.000

4.19 Business Model Canvas(BMC)

Buisness Model Canvas



Gambar 4.11 Business Model Canvas

(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Berdasarkan BMC yang telah disusun, Pengembangan *Scoliosis Brace* Dengan Sistem *Adjustable* memiliki potensi untuk menjadi solusi yang lebih nyaman dan ekonomis bagi pasien AIS selama masa pertumbuhan. Melalui kolaborasi dengan tenaga medis serta pemanfaatan teknologi *3D scanning* dan *3D printing*, produk dapat dibuat lebih presisi sesuai kondisi pengguna. Dengan dukungan berbagai saluran distribusi dan layanan pendampingan penggunaan, produk ini diharapkan mampu meningkatkan kenyamanan, mendukung aktivitas harian, serta meningkatkan kepatuhan pasien dalam menjalani terapi skoliosis.

4.20 Design Requirement and Objective(DR&O)

Tabel 4.27 Tabel DR&O
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Kategori	Requirements and Objectives	Implementasi
<i>Corrective effectiveness</i>	<i>Brace</i> harus mampu mempertahankan fungsi koreksi kurva sesuai prinsip biomekanika <i>three-point pressure system</i> dan <i>triplanar control</i> .	Penempatan <i>pressure pad</i> pada area <i>apex</i> kurva, <i>counterforce</i> pada area torakal dan panggul, serta <i>zoning</i> koreksi sesuai prinsip TLSO.
<i>Adjustable growth system</i>	<i>Brace</i> harus mampu mengakomodasi perubahan dimensi tubuh selama masa pertumbuhan pengguna.	Penggunaan mekanisme <i>vertical adjustment</i> dan <i>circumference adjustment</i> yang memungkinkan perubahan tinggi dan lingkaran <i>brace</i> secara bertahap.
<i>Comfortable to wear</i>	<i>Brace</i> harus nyaman digunakan dalam durasi panjang untuk meningkatkan kepatuhan terapi.	Penggunaan struktur berongga (<i>ventilations</i>), area ekspansi pernapasan, serta material <i>padding</i> berbahan <i>spacer mesh</i> .
<i>Breathable</i>	Mengurangi rasa gerah dan akumulasi keringat selama aktivitas harian.	Penerapan pola ventilasi pada body <i>brace</i> dan penggunaan material yang memiliki sirkulasi udara baik.
<i>Independent adjustment</i>	Pengguna harus mampu memakai, melepas, dan mengatur <i>brace</i> secara mandiri.	Sistem pengencangan menggunakan <i>buckle</i> dan <i>strap</i> yang mudah dijangkau serta dioperasikan oleh remaja.
<i>Low-profile appearance</i>	<i>Brace</i> tidak terlihat terlalu besar saat digunakan di bawah pakaian.	Bentuk body mengikuti kontur torso dengan ketebalan material yang minimal namun tetap rigid.
<i>Psychological comfort</i>	Mengurangi rasa malu dan meningkatkan kepercayaan diri	Desain visual modern, profil <i>ramping</i> , serta bentuk yang

Kategori	Requirements and Objectives	Implementasi
	pengguna saat beraktivitas di sekolah.	menyerupai produk <i>wearable</i> dibanding alat medis konvensional.
Ergonomic fit	Brace harus mengikuti anatomi tubuh pengguna dan meminimalkan titik tekan yang menyakitkan.	Bentuk <i>brace</i> dibuat berdasarkan data antropometri torso remaja serta mempertimbangkan area relief dan <i>expansion room</i> .
Lightweight structure	Produk tidak memberikan beban berlebih saat digunakan sepanjang hari.	Penggunaan struktur voronoi dan material termoplastik ringan berbasis teknologi <i>3D printing</i> .
Safe	Aman digunakan dalam kontak langsung dengan kulit dan tidak menyebabkan cedera.	Penggunaan material biokompatibel, sudut membulat (<i>rounded edges</i>), dan <i>finishing</i> yang halus pada seluruh permukaan <i>brace</i> .
Manufacturable	Desain harus memungkinkan diproduksi menggunakan teknologi manufaktur yang efisien.	Struktur dirancang untuk proses <i>3D printing</i> dan perakitan modular dengan komponen mekanis standar.
Durable	<i>Brace</i> harus mampu digunakan dalam jangka waktu lama selama masa terapi.	Penggunaan material PETG pada struktur utama serta sambungan baut yang mudah diganti ketika terjadi kerusakan.

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa ada tiga fokus utama untuk pengembangan produk: efektivitas koreksi biomekanika, kemampuan untuk menyesuaikan diri dengan pertumbuhan pengguna, dan kenyamanan penggunaan harian. Konsep desain *scoliosis brace* berdasarkan pendekatan Adaptif, Nyaman, dan Independen, sehingga *brace* dapat membantu aktivitas harian pengguna tanpa mengurangi fungsi korektifnya sebagai alat terapi *scoliosis*.

BAB 5 IMPLEMENTASI DESAIN DAN PEMBAHASAN

5.1 Implementasi Konsep Desain

a. *Dynamic Comfort* (Kenyamanan Dinamis)

Konsep ini diimplementasikan dengan menciptakan keseimbangan antara kebutuhan biomekanika koreksi dan kenyamanan pengguna selama beraktivitas sehari-hari. Dari segi struktur, brace dibagi menjadi beberapa zona fungsional yang terdiri dari zona statis sebagai area koreksi utama dan zona dinamis sebagai area ekspansi tubuh. Area dinamis dirancang pada bagian rongga dada dan abdomen untuk memberikan ruang pernapasan serta mengurangi tekanan saat pengguna duduk atau bergerak. Dari segi material, penggunaan struktur *berongga* (*ventilated structure*) dan material *breathable* bertujuan meningkatkan sirkulasi udara sehingga mengurangi rasa gerah selama penggunaan jangka panjang. Selain itu, penambahan padding pada area tekanan membantu mendistribusikan gaya koreksi secara lebih merata sehingga meningkatkan kenyamanan pengguna.

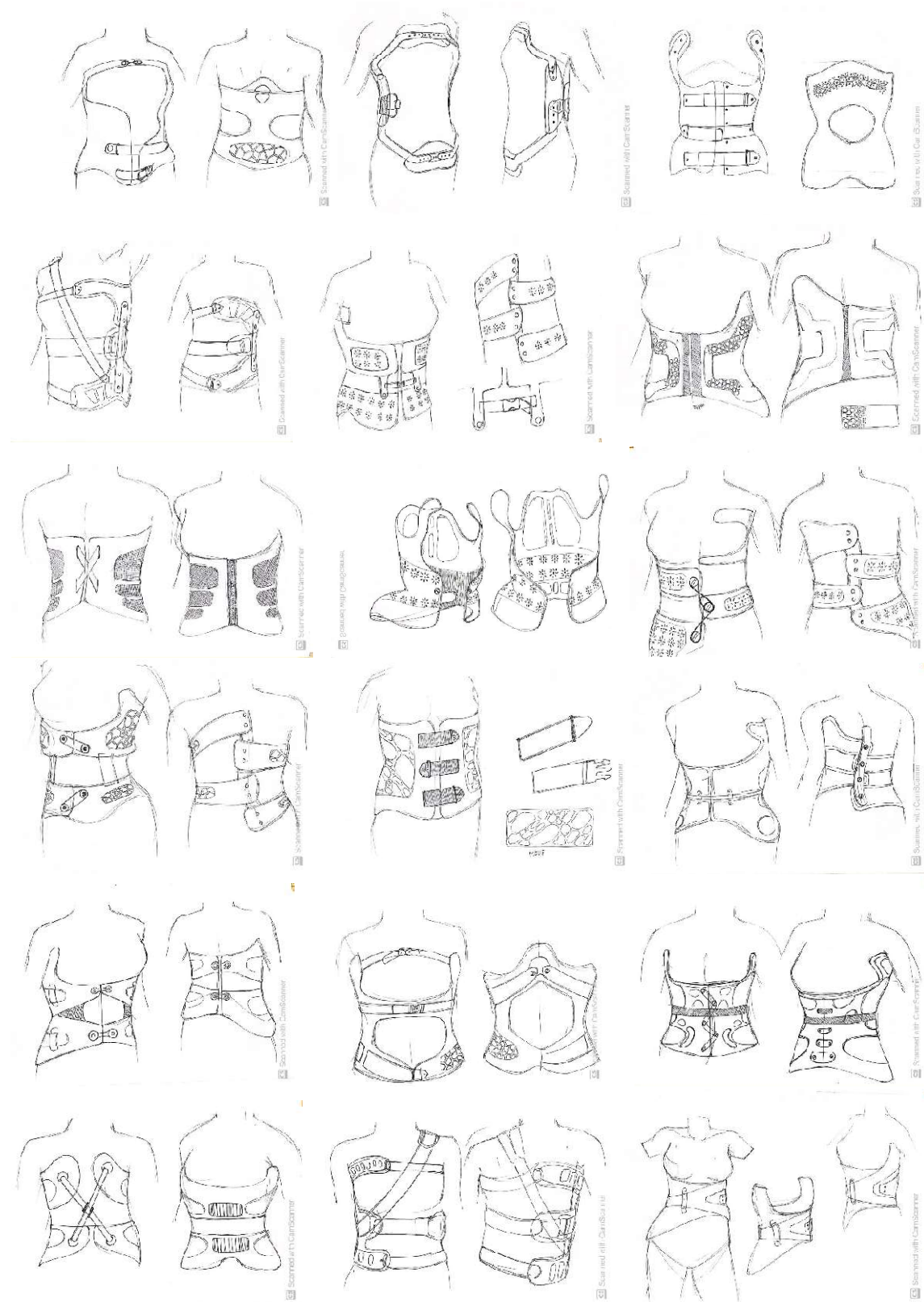
b. *Independent Adjustment* (Penyesuaian Mandiri)

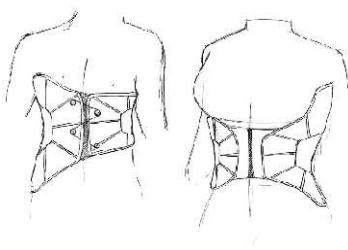
Konsep ini diwujudkan melalui pengembangan sistem *adjustment* yang memungkinkan pengguna melakukan pengaturan *brace* secara mandiri tanpa bantuan orang lain. Mekanisme pengencangan ditempatkan pada area yang mudah dijangkau sehingga pengguna dapat menyesuaikan tingkat kekencangan *brace* sesuai kebutuhan aktivitas yang dilakukan. Selain itu, sistem *adjustment* dirancang dengan mekanisme yang sederhana dan mudah dipahami oleh pengguna usia remaja. Melalui penerapan konsep ini, pengguna dapat memasang, melepas, maupun melakukan penyesuaian tekanan *brace* secara lebih cepat dan praktis, terutama saat berada di lingkungan sekolah atau aktivitas di luar rumah.

c. *Growth Adaptability* (Adaptif terhadap Pertumbuhan)

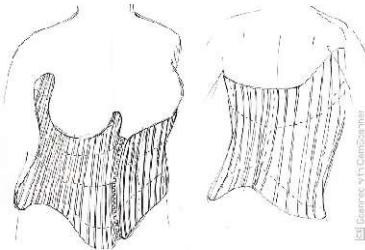
Konsep ini diimplementasikan melalui pengembangan sistem *adjustable* yang mampu mengakomodasi perubahan dimensi tubuh pengguna selama masa pertumbuhan. Sistem tersebut memungkinkan penyesuaian tinggi dan lingkar *brace* tanpa mengubah posisi titik koreksi utama yang dibutuhkan dalam terapi skoliosis. Mekanisme *adjustment* dirancang untuk mempertahankan efektivitas biomekanika koreksi sekaligus memperpanjang masa pakai produk. Dengan adanya kemampuan adaptasi terhadap pertumbuhan tubuh, pengguna tidak perlu melakukan penggantian *brace* secara terlalu sering sehingga penggunaan produk menjadi lebih efisien baik dari segi fungsi maupun biaya terapi.

5.2 Eksplorasi Sketsa Ideasi

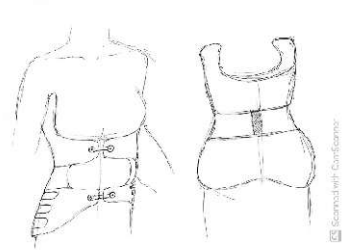




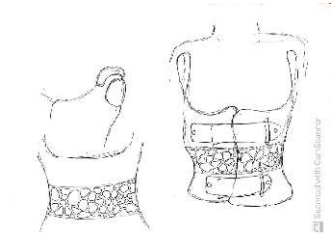
Scanned with CamScanner



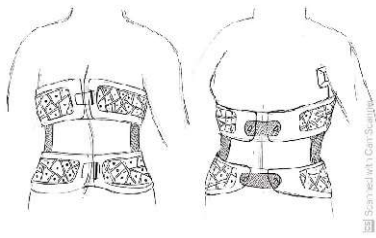
Scanned with CamScanner



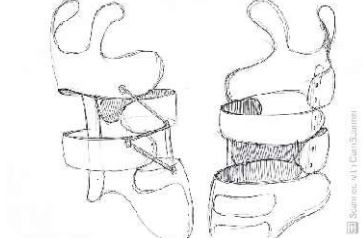
Scanned with CamScanner



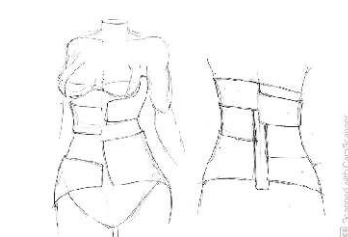
Scanned with CamScanner



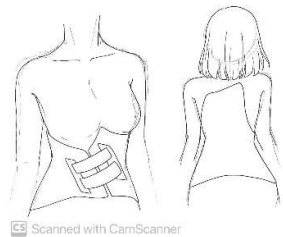
Scanned with CamScanner



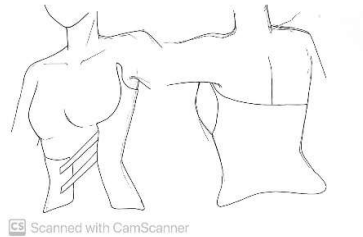
Scanned with CamScanner



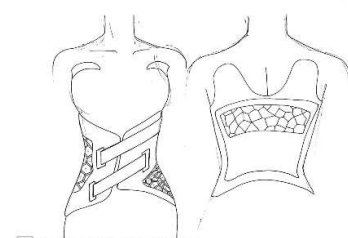
Scanned with CamScanner



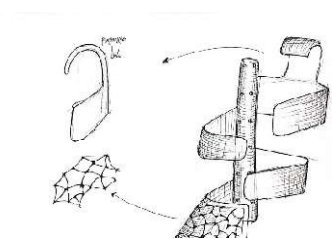
Scanned with CamScanner



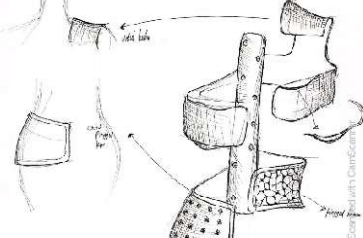
Scanned with CamScanner



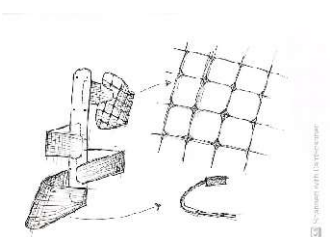
Scanned with CamScanner



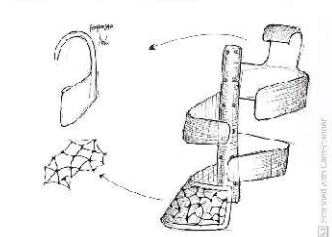
Scanned with CamScanner



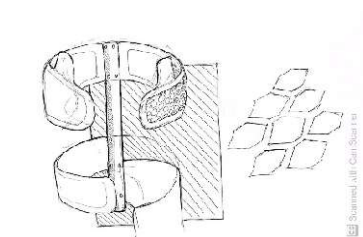
Scanned with CamScanner



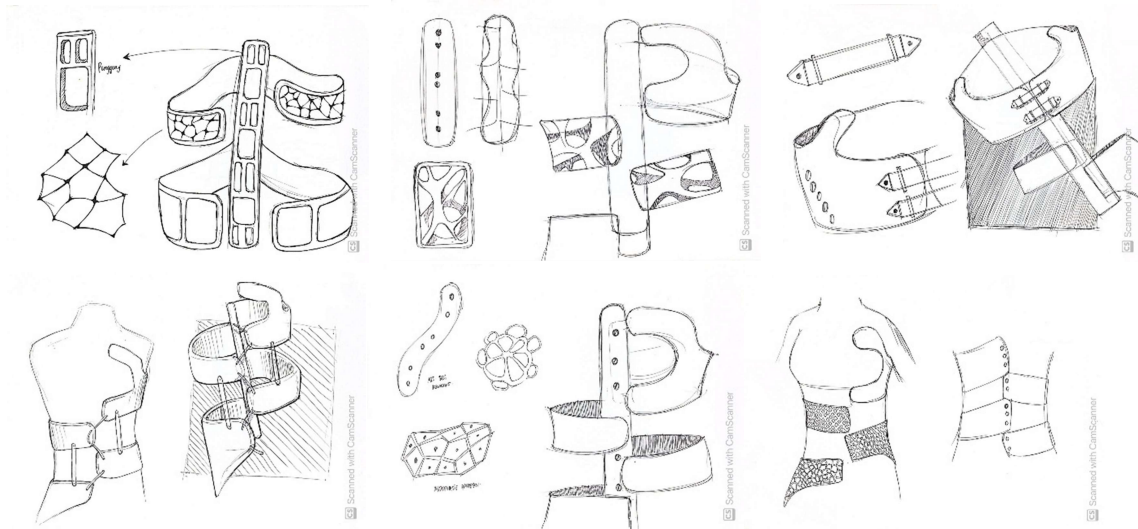
Scanned with CamScanner



Scanned with CamScanner



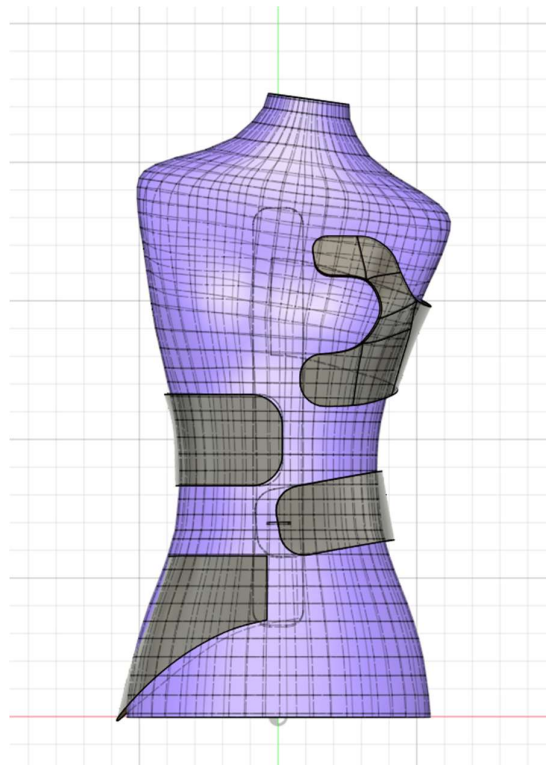
Scanned with CamScanner



Gambar 5.1 Sketsa Ideasi
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

5.3 Alternatif Desain

5.3.1 Alternatif desain 1

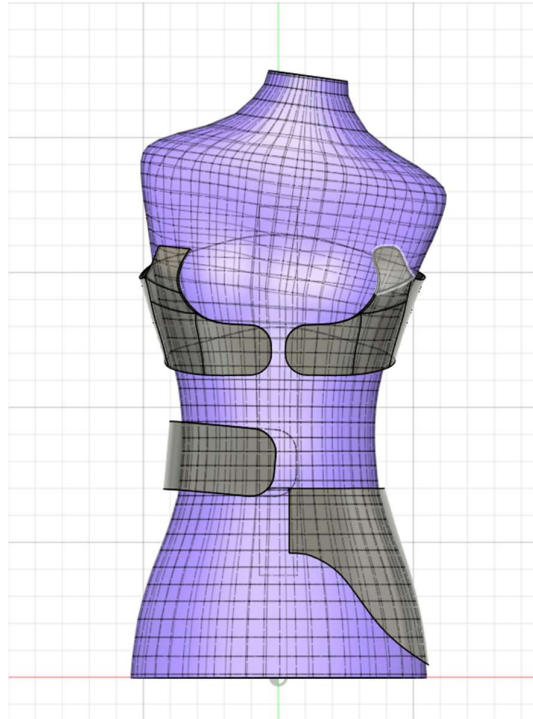


Gambar 5.2 Alternatif Desain 1
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Alternatif desain pertama menggunakan konfigurasi panel koreksi asimetris pada area torakal dan lumbal. Panel torakal dirancang berbentuk menyerupai huruf "C" untuk

memberikan ruang ekspansi pada area dada sekaligus mempertahankan titik tekan biomekanika pada area kurva utama. Sistem pengencang ditempatkan pada sisi tubuh sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan pemasangan dan penyesuaian *brace* secara mandiri. Pada bagian bawah, panel panggul dibuat lebar untuk meningkatkan stabilitas posisi *brace* selama digunakan beraktivitas. Konfigurasi ini berfokus pada keseimbangan antara fungsi koreksi dan kemudahan penggunaan sehingga pengguna tetap dapat melakukan aktivitas harian dengan lebih nyaman.

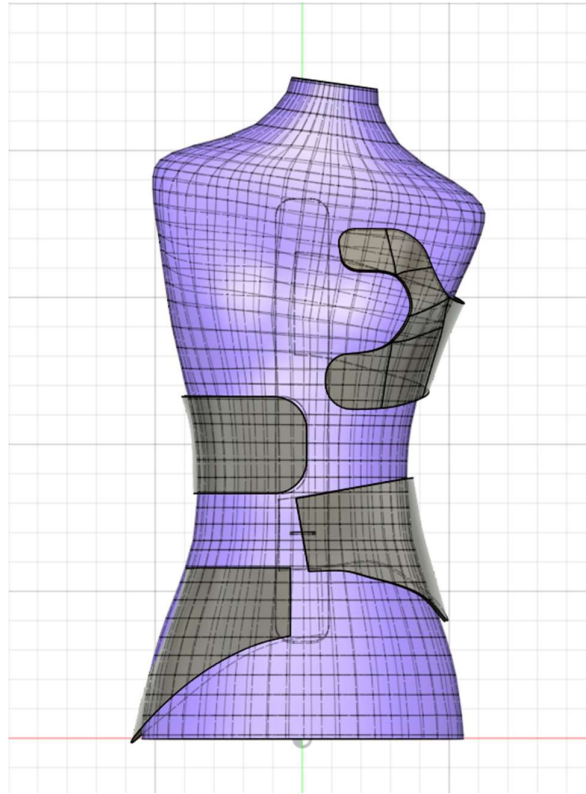
5.3.2 Alternatif desain 2



Gambar 5.3 Alternatif Desain 2
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

Alternatif desain kedua menggunakan konfigurasi panel torakal bilateral yang ditempatkan secara simetris pada bagian depan tubuh. Bentuk panel dirancang mengikuti kontur rongga dada sehingga menghasilkan distribusi tekanan yang lebih merata pada area koreksi. Bukaan pada bagian tengah dada berfungsi sebagai area ekspansi pernapasan yang memungkinkan pengguna tetap bernapas dengan lebih nyaman selama menggunakan *brace*. Selain itu, panel panggul dan panel abdominal dirancang dengan bentuk yang lebih sederhana untuk memberikan kemudahan dalam proses manufaktur dan perakitan. Konsep ini menitikberatkan pada peningkatan kenyamanan termal dan keseimbangan distribusi gaya koreksi pada tubuh pengguna.

5.3.3 Alternatif desain 3



Gambar 5.4 Alternatif Desain 3
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Alternatif desain ketiga mengembangkan konfigurasi asimetris dengan penambahan panel *adjustment* terpisah pada area abdomen dan panggul. Panel torakal tetap menggunakan bentuk koreksi asimetris untuk mengikuti karakteristik kurva skoliosis, sementara panel abdominal dirancang sebagai modul independen yang dapat disesuaikan tingkat kekencangannya. Konfigurasi ini memungkinkan pengguna melakukan penyesuaian tekanan secara lebih spesifik pada setiap area tubuh sesuai kebutuhan aktivitas yang dilakukan. Selain itu, sistem modular yang diterapkan memiliki potensi lebih besar untuk dikembangkan menjadi mekanisme *adjustable* yang mampu mengakomodasi perubahan dimensi tubuh selama masa pertumbuhan.

5.3.4 Alternatif desain terpilih

Pemilihan alternatif desain dilakukan melalui proses evaluasi komparatif terhadap 3 alternatif desain yang telah dikembangkan. Evaluasi dilakukan menggunakan metode penilaian berbobot berdasarkan parameter yang disusun dari hasil DRnO, sehingga setiap alternatif dinilai berdasarkan fungsional, ergonomi, biomekanika, manufaktur, dan kemudahan penggunaan.

Tabel 5.1 Penilaian Alternatif Desain
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

Parameter	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Kemampuan menahan area koreksi	5	4	5

Parameter	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Kemudahan <i>Adjustment</i>	4	3	3
Kenyamanan saat beraktivitas	5	4	4
Kemudahan penggunaan mandiri	4	4	3
Manufaktur	4	3	4
Perawatan	4	3	4
Total	26	21	23

Berdasarkan hasil penilaian pada Tabel 5.1, alternatif desain pertama memperoleh nilai tertinggi dibandingkan dengan dua alternatif lainnya sehingga dipilih sebagai dasar pengembangan desain akhir. Hasil penilaian menunjukkan alternatif desain pertama memiliki tingkat pemenuhan tertinggi terhadap parameter yang ditetapkan berdasarkan DRnO.

Tabel 5.2 Alasan Pemilihan Alternatif Desain
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

Aspek	Perimbangan
Biomekanika	Panel <i>made-to-fit</i> mampu mempertahankan area koreksi sesuai anatomi pasien.
<i>Adjustment</i>	Struktur tengah memungkinkan penyesuaian dimensi tanpa mengubah panel koreksi.
Aktivitas Harian	Profil <i>brace</i> yang lebih ramping sehingga lebih nyaman digunakan di sekolah
Pengoperasian	Menggunakan <i>quick-release buckle</i> sehingga mudah dipakai sendiri
Manufaktur	Modular sehingga panel dan struktur dapat diproduksi secara terpisah.

Berdasarkan hasil evaluasi alternatif desain pertama dipilih sebagai dasar pengembangan desain akhir. Penilaian dilakukan berdasarkan parameter yang disusun dari hasil DRnO, sehingga alternatif terpilih dinilai paling mampu memenuhi kebutuhan.

Keunggulan utama alternatif desain pertama terletak pada penerapan modular yang menggabungkan panel *made-to-fit* dengan struktur *adjustable*. Pendekatan ini memungkinkan area koreksi tetap mengikuti anatomi pasien, sementara struktur panel tengah dapat mengakomodasi perubahan dimensi selama masa pertumbuhan. Selain itu, profil yang lebih ramping, sistem rongga udara, serta mekanisme *quick-release* mendukung kenyamanan dan kemandirian pengguna.

Meskipun demikian, alternatif desain pertama masih memiliki keterbatasan pada kompleksitas sambungan antara panel *made-to-fit* dengan struktur *adjustable*, alternatif desain kedua dinilai paling mampu menerapkan konsep *Dynamic Comfort & Independent Adjustment*.

5.4 Pengembangan Desain

Setelah hasil evaluasi yang dilakukan pada tahap ideasi, alternatif desain yang telah dipilih disempurnakan pada tahap pengembangan desain. Pada tahap ini, setiap komponen *brace* dikembangkan secara lebih rinci agar memenuhi kebutuhan biomekanika, ergonomi, kemudahan penggunaan, dan sistem penyesuaian yang telah ditetapkan pada tahap analisis.

5.4.1 Pengembangan Struktur *Brace*

Dengan menggunakan pendekatan *hybrid*, struktur utama *brace* terdiri dari panel atas dan bawah yang *made-to-fit* dan panel tengah yang universal. Panel atas dan bawah berfungsi sebagai area koreksi yang disesuaikan dengan bentuk anatomi tubuh pasien, sedangkan panel tengah berfungsi sebagai panel integrasi mekanisme *adjustable* untuk mengakomodasi perubahan tinggi tubuh pengguna tanpa mengubah posisi area koreksi utama.



Gambar 5.5 Gambar Struktur Panel *Brace*
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

A. Panel Atas

Panel atas dikembangkan sebagai area koreksi pada bagian torakal yang disesuaikan dengan bentuk anatomi pengguna. Struktur panel dibuat secara *made-to-fit* untuk memastikan distribusi gaya koreksi sesuai dengan kebutuhan rehabilitasi

B. Panel Tengah

. Panel tengah dikembangkan sebagai struktur penghubung antara panel atas dan panel bawah. Bagian ini tidak hanya berfungsi untuk menjaga kontinuitas struktur brace, tetapi juga menjadi lokasi integrasi mekanisme *adjustable* sehingga memungkinkan perubahan dimensi produk dilakukan tanpa mengganggu posisi area koreksi

C. Panel Bawah

Panel bawah dikembangkan sebagai area penopang pada bagian pelvis sekaligus menjadi titik penahan (*counterforce*) dalam sistem biomekanika brace. Struktur panel dibuat mengikuti kontur pelvis untuk meningkatkan stabilitas brace selama digunakan.

5.4.2 Pengembangan Sistem *Adjustable*

Sistem *adjustable* dikembangkan untuk mengakomodasi perubahan dimensi tubuh pengguna selama masa pertumbuhan tanpa mengurangi efektivitas area koreksi pada *brace*. Sistem *adjustable* terdiri dari dua mekanisme utama untuk menyesuaikan tinggi brace terhadap peningkatan tinggi badan pengguna, serta *circumference adjustment* untuk menyesuaikan lingkaran *brace* terhadap perubahan dimensi toraks dan pelvis. Kedua mekanisme ini diintegrasikan pada struktur tengah *brace*.



Gambar 5. 6 Gambar Pengembangan *Vertical & Circumference Adjustment*
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

A. *Vertical Adjustment*

Mekanisme *vertical adjustment* diterapkan pada struktur penyangga tulang belakang pada *brace*. Sistem ini menggunakan mekanisme geser yang memungkinkan perubahan tinggi brace mengikuti pertumbuhan pengguna. Penempatan mekanisme pada bagian belakang bertujuan mempertahankan posisi area koreksi sehingga perubahan dimensi vertikal tidak memengaruhi distribusi gaya koreksi.

B. *Circumference Adjustment*

Mekanisme *circumference adjustment* diterapkan pada sisi lateral *brace* untuk mengakomodasi perubahan lingkaran tubuh pengguna. Sistem pengencangan digunakan untuk menyesuaikan *brace* dengan kondisi tubuh dan kebutuhan penggunaan sehari-hari. Mekanisme ini memungkinkan tekanan *brace* yang ideal tanpa mengubah struktur produk secara keseluruhan.

5.4.3 Pengembangan Sistem Penguncian

Sistem penguncian dikembangkan untuk mendukung proses pemasangan, pelepasan, serta pengaturan *brace* secara lebih mudah dan mandiri bagi pengguna. Pengembangan ini didasarkan pada hasil analisis aktivitas pengguna yang menunjukkan bahwa mekanisme penguncian pada *brace* konvensional masih memerlukan tenaga yang cukup besar, proses pemasangannya relatif rumit, dan seringkali membutuhkan bantuan orang lain untuk melakukannya. Oleh karena itu, sistem penguncian rancangan ini menggunakan *quick-release buckle* untuk memudahkan pengguna.



Gambar 5.7 Sistem *quick-release buckle*
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

5.4.4 Pengembangan Material

Pengembangan material dilakukan berdasarkan kebutuhan fungsional setiap komponen pada *brace* agar mampu mendukung performa biomekanika, kenyamanan pengguna, dan ketahanan produk selama penggunaan. Karakteristik mekanik, biokompatibilitas, kemudahan proses manufaktur, dan kesesuaian fungsi masing-masing bagian adalah faktor penting saat memilih material. Oleh karena itu, struktur utama menggunakan *Polypropylene* (PP) sebagai *shell* yang kuat, *Spacer Mesh* sebagai *padding* yang bersentuhan langsung dengan tubuh, dan *Stainless steel* sebagai material pada komponen penyangga tulang belakang yang membutuhkan kekuatan tinggi.



Gambar 5.8 Hasil *Printing Polypropylene*
(Sumber: <https://3dspro.com/resources/blog/guide-to-3d-printing-polypropylene>)



Gambar 5.9 Material Spacer Mesh
(Sumber: <https://www.etermes-tex.com/3-6mm-anti-snagging-spacer-mesh-fabric-frs369-3-product>)



Gambar 5. 10 Material Aluminium 6061
(Sumber: <https://omexportindia.com/aluminium-alloy-6061-sheets-plates/>)

5.5 3D Modeling dan Rendering

Berdasarkan hasil dari proses pengembangan dan penyempurnaan desain, rancangan kemudian direalisasikan ke dalam model tiga dimensi. Visualisasi akhir dari desain *scoliosis brace* yang telah dikembangkan ditampilkan di bagian ini.



Gambar 5.11 3D Model dan Rendering
(Sumber: Olahan Penulis,2026)

5.6 *Prototype Produk*

Prototype produk dibuat setelah proses finalisasi desain, prototipe produk dibuat sebagai representasi fisik dari rancangan *scoliosis brace* yang telah dikembangkan. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memverifikasi implementasi desain terhadap bentuk, dimensi, integrasi komponen, dan fungsi mekanisme *adjustable* dan sistem penguncian sebelum memulai proses evaluasi melalui *user testing*.



Gambar 5.12 Dokumentasi *Prototype* produk
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

5.7 User Testing

User testing dilakukan untuk mengevaluasi penggunaan desain *brace* berdasarkan faktor-faktor seperti kemudahan penggunaan, kenyamanan awal, dan fungsi mekanisme *adjustable*. Seorang siswa kelas empat Sekolah Dasar digunakan sebagai representasi target pengguna untuk menguji *high-fidelity prototype*. Selama pengujian, pengguna diminta untuk mensimulasikan gerakan dasar seperti berdiri dan berjalan, serta melakukan pengaturan mekanisme *adjustable*.

Berdasarkan hasil *user testing* diperoleh beberapa *feedback* sebagai berikut

- Pengguna dapat mengenakan dan melepas *brace* dengan bantuan pendamping, sedangkan mekanisme pengaturan dapat dioperasikan dengan relatif mudah.
- Mekanisme *vertical adjustment* dan *circumference adjustment* berfungsi sesuai dengan rancangan dan mampu menyesuaikan dimensi *brace* terhadap tubuh pengguna.
- Pengguna merasakan adanya tekanan pada beberapa bagian tubuh sehingga *brace* terasa kurang nyaman ketika digunakan, hal tersebut disebabkan oleh karakteristik *brace* yang masih menggunakan struktur rigid dan menerapkan prinsip *three-point*

pressure system, sehingga tekanan pada area koreksi masih dapat dirasakan oleh pengguna.

- d. Secara visual, ukuran, dan proporsi *brace* telah sesuai dengan tubuh pengguna serta tidak mengganggu gerakan dasar seperti duduk dan berjalan.



Gambar 5.13 User Testing Prototype
(Sumber: Olahan Penulis, 2026)

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses penelitian, analisis, serta pengembangan desain yang telah dilakukan pada *Pengembangan Scoliosis Brace dengan Sistem Adjustable untuk Mendukung Aktivitas Harian Pasien*, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Perancangan ini berhasil mengembangkan *Thoracolumbosacral Orthosis (TLSO)* dengan pendekatan *hybrid*, yaitu mengombinasikan panel *made-to-fit* pada area koreksi dengan panel tengah universal. Pendekatan ini memungkinkan area koreksi tetap mengikuti anatomi pasien, sekaligus memberikan fleksibilitas terhadap perubahan dimensi tubuh selama masa pertumbuhan.
2. Sistem *adjustable* yang terdiri atas *vertical adjustment* dan *circumference adjustment* berhasil diintegrasikan pada struktur *brace* untuk mengakomodasi perubahan tinggi dan lingkar tubuh pengguna tanpa mengubah posisi area koreksi utama. Pengembangan ini diharapkan mampu memperpanjang masa pakai *brace* serta mengurangi kebutuhan pembuatan *brace* baru selama masa pertumbuhan pengguna.
3. Pengembangan desain juga menerapkan aspek ergonomi melalui penggunaan struktur yang lebih ramping, sistem ventilasi, serta material *Spacer Mesh* pada area kontak tubuh. Selain itu, penggunaan *quick-release buckle* dan mekanisme pengaturan kekencangan dikembangkan untuk meningkatkan kemudahan penggunaan secara mandiri dalam aktivitas sehari-hari.
4. Hasil implementasi desain direalisasikan dalam bentuk model tiga dimensi dan prototipe sebagai representasi fisik dari konsep *Dynamic Comfort & Independent Adjustment*. Pengembangan ini menunjukkan bahwa pendekatan desain produk dapat diterapkan untuk menjawab kebutuhan fungsional, ergonomi, dan pengalaman pengguna pada pengembangan *scoliosis brace*.
5. Berdasarkan hasil *user testing*, mekanisme *adjustable* dan sistem penguncian telah berfungsi sesuai tujuan perancangan. Namun, pengguna masih merasakan tekanan pada beberapa area tubuh sehingga aspek distribusi tekanan dan kenyamanan masih memerlukan penyempurnaan. Hasil tersebut menjadi dasar evaluasi untuk pengembangan desain pada tahap berikutnya agar keseimbangan antara efektivitas koreksi dan kenyamanan penggunaan dapat ditingkatkan.

6.2 Saran

1. Pengembangan selanjutnya perlu melibatkan pengujian klinis dengan jumlah responden yang lebih banyak dan sesuai dengan target pengguna, yaitu remaja perempuan penderita *Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS)*, sehingga efektivitas desain dan kenyamanan penggunaan dapat dievaluasi secara lebih komprehensif.
2. Sistem *adjustable* yang telah dikembangkan masih dapat disempurnakan, terutama pada mekanisme sambungan, serta kemudahan proses penyesuaian agar memiliki ketahanan yang lebih baik dalam penggunaan jangka panjang.
3. Perlu dilakukan optimasi terhadap distribusi tekanan pada area koreksi melalui penyempurnaan bentuk panel, konfigurasi *pressure pad*, serta material *padding*

sehingga kenyamanan pengguna dapat ditingkatkan tanpa mengurangi fungsi biomekanika *brace*.

4. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem penyesuaian yang lebih adaptif, misalnya melalui integrasi mekanisme pengaturan yang lebih presisi atau teknologi pemantauan penggunaan (*compliance monitoring*) untuk mendukung efektivitas terapi.
5. Mengingat penelitian ini berfokus pada pengembangan desain produk, diperlukan kajian lanjutan mengenai aspek manufaktur, seperti optimasi proses produksi, analisis biaya, serta standardisasi komponen agar produk lebih siap untuk diproduksi secara massal dan memiliki nilai komersial yang lebih tinggi.
6. Hasil perancangan ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian maupun pengembangan produk orthosis berikutnya, khususnya dalam penerapan pendekatan *hybrid*, sistem *adjustable*, dan desain yang berorientasi pada kebutuhan pengguna (*user-centered design*) untuk mendukung terapi pasien skoliosis.

DAFTAR PUSTAKA

- Aebi, M. (2005). The adult scoliosis. In *European Spine Journal* (Vol. 14, Number 10, pp. 925–948). <https://doi.org/10.1007/s00586-005-1053-9>
- Choudhry, M. N., Ahmad, Z., & Verma, R. (2016). Adolescent Idiopathic Scoliosis. *The Open Orthopaedics Journal*, 10(1), 143–154. <https://doi.org/10.2174/1874325001610010143>
- Gorman, K. F., Julien, C., & Moreau, A. (2012). The genetic epidemiology of idiopathic scoliosis. In *European Spine Journal* (Vol. 21, Number 10, pp. 1905–1919). <https://doi.org/10.1007/s00586-012-2389-6>
- Grivas, T. B., & Kaspiris, A. (2010). European braces widely used for conservative scoliosis treatment. In *Stud Health Technol Inform* (Vol. 158). <http://booksonline.iospress.nl/Content/View.aspx?piid=17010>
- Grycuk, S., & Mrozek, P. (2023). Finite Element Model of Scoliosis Brace with Increased Utility Characteristics. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/app132413273>
- Hsu, J. D. ., Michael, J. W. ., & Fisk, J. R. . (2008). *AAOS atlas of orthoses and assistive devices*. Mosby/Elsevier.
- Janicki, J. A., & Alman, B. (2007). Scoliosis: Review of diagnosis and treatment. In *Paediatr Child Health* (Vol. 12, Number 9).
- Kardash, K., Koutras, C., & Otaduy, M. A. (2022). Design of personalized scoliosis braces based on differentiable biomechanics—Synthetic study. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.1014365>
- Komang-Agung, I. S., Dwi-Purnomo, S. B., & Susilowati, A. (2017). Prevalence rate of adolescent idiopathic scoliosis: Results of school-based screening in surabaya, Indonesia. *Malaysian Orthopaedic Journal*, 11(3), 17–22. <https://doi.org/10.5704/MOJ.1711.011>
- Konieczny, M. R., Senyurt, H., & Krauspe, R. (2013). Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. In *Journal of Children's Orthopaedics* (Vol. 7, Number 1, pp. 3–9). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s11832-012-0457-4>
- Lonstein, J. E., & Carlson, J. M. (1984). The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 66(7), 1061–1071. <https://doi.org/10.2106/00004623-198466070-00013>
- Lusardi, M. M. , P. D. P., Jorge, M. P. M. E., & Nielsen, C. B. M. Ph. D. (2013). *ORTHOTICS & PROSTHETICS IN REHABILITATION THIRD EDITION*.
- Molnár, I., & Morovič, L. (2018). Design and manufacture of orthopedic corset using 3D digitization and additive manufacturing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 448(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/448/1/012058>

- Mulder, F. J., Mellema, J. J., & Ring, D. (2016). Proximity of Vital Structures to the Clavicle: Comparison of Fractured and Non-fractured Side. In *Arch Bone Jt Surg* (Vol. 4, Number 4). <http://abjs.mums.ac.ir/theonlineversionofthisarticleabjs.mums.ac.ir>
- Negrini, S., Aulisa, A. G., Cerny, P., de Mauroy, J. C., McAviney, J., Mills, A., Donzelli, S., Grivas, T. B., Hresko, M. T., Kotwicki, T., Labelle, H., Marcotte, L., Matthews, M., O'Brien, J., Parent, E. C., Price, N., Manuel, R., Stikeleather, L., Vitale, M. G., ... Smith, B. G. (2022). The classification of scoliosis braces developed by SOSORT with SRS, ISPO, and POSNA and approved by ESPRM. In *European Spine Journal* (Vol. 31, Number 4, pp. 980–989). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s00586-022-07131-z>
- Negrini, S., Donzelli, S., Aulisa, A. G., Czaprowski, D., Schreiber, S., de Mauroy, J. C., Diers, H., Grivas, T. B., Knott, P., Kotwicki, T., Lebel, A., Marti, C., Maruyama, T., O'Brien, J., Price, N., Parent, E., Rigo, M., Romano, M., Stikeleather, L., ... Zaina, F. (2018). 2016 SOSORT guidelines: Orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. In *Scoliosis and Spinal Disorders* (Vol. 13, Number 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s13013-017-0145-8>
- Nofiyanto, E., Ahmad Halimi, R., Fuadi, I., & Rachman, I. A. (2025). Dexmedetomidine as an Adjunct in Anesthesia for Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS) Surgery: A Case Series. *Jurnal Neuroanestesi Indonesia*, 14(2), 92–102. <https://doi.org/10.24244/jni.v14i2.682>
- Ramadhani, A. N., Romadhoni, D. L., & Awanis, A. (2024). Prevalence and determinants associated with adolescent idiopathic scoliosis: results of screening in Surakarta, Indonesia. *International Journal of Public Health Science (IJPHS)*, 13(4), 1548. <https://doi.org/10.11591/ijphs.v13i4.23884>
- Sanders, J. O., Browne, R. H., McConnell, S. J., Margraf, S. A., Cooney, T. E., & Finegold, D. N. (2007). COPYRIGHT © 2007 BY THE JOURNAL OF BONE AND JOINT SURGERY, INCORPORATED Maturity Assessment and Curve Progression in Girls with Idiopathic Scoliosis.
- Sang Wong, M., Y Cheng, J. C., Ping Lam, T., W Ng, B. K., Wing Sin, S., F Lee-Shum, S. L., K Chow, D. H., & P Tam, S. Y. (2008). The Effect of Rigid Versus Flexible Spinal Orthosis on the Clinical Efficacy and Acceptance of the Patients With Adolescent Idiopathic Scoliosis. In *SPINE* (Vol. 33, Number 12).
- Stanitski, C. L., & Dimeglio, A. (2001). *Current Issues Edited by Growth in Pediatric Orthopaedics*.
- Suprayogi, D., Kristiyanto, A., & Prasetya, H. (2020). The Effect of Scoliosis Orthosis on the Reduction of Cobb Angle in Scoliosis Patients: A Meta-Analysis. *Indonesian Journal of Medicine*, (04), 356–367. <https://doi.org/10.26911/->
- Wang, H., Meng, X., Tetteroo, D., Delbressine, F., Xing, Y., Ito, K., Hai, Y., & Markopoulos, P. (2022). Exploration of Contributory Factors to an Unpleasant Bracing Experience of Adolescent Idiopathic Scoliosis Patients a Quantitative and Qualitative Research. *Children*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/children9050635>

- Webster, J. B. ., & Murphy, Douglas. (2019). *Atlas of orthoses and assistive devices: 5th Edition*. Elsevier.
- Weinstein, S. L., Dolan, L. A., Cheng, J. C., Danielsson, A., & Morcuende, J. A. (2008). Adolescent idiopathic scoliosis. In *The Lancet* (Vol. 371, Number 9623, pp. 1527–1537). Elsevier B.V. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60658-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60658-3)
- Weinstein, S. L., Dolan, L. A., Wright, J. G., & Dobbs, M. B. (2013). Effects of Bracing in Adolescents with Idiopathic Scoliosis. *New England Journal of Medicine*, 369(16), 1512–1521. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1307337>
- Wynne-Davies, R. (1973). *DEVELOPMENTAL MEDICINE AND CHILD NEUROLOGY*.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Logbook Bimbingan



DEPARTEMEN DESAIN PRODUK
FAKULTAS DESAIN KREATIF DAN BISNIS DIGITAL

UNTUK MAHASISWA

LOG BOOK

MATA KULIAH : _____
NAMA MHS : M. HASANUL FIKRI
NRP : 5028221001

No.	TANGGAL	URAIAN KEGIATAN	CEK	TANDA TANGAN
	15/25 10	- Asistensi Judul - Brainstorm sketsa ideasi 10 (render) - Wawancara thdp <u>Pasien</u> → <u>pendenta</u> .		
	29/25 10	- Wawancara user kurn in bisa jod user testing - Cari image board - Cari mood board - Bab 2 - Metodologi penelitian → Mrip SDP Progress		
	24/25 11	- Bab 2 (dijabarin jenis jenis sketsa, kth jurnal yang kuat terkait kepada ngambil sketsa) - Bab 2 (sistem desain nro, htd material sketsa) - Boli Twist lock system (BOA) - Bab 3 (step step ideasi sampai prototyping)		
	1/25 12	- Mengekspansi produk kompetitor - Produk existing - Produk positioning - Benchmark produk existing - Foto referensi - Menentukan format & analisis bab 2		
	16/25 12	- Menentukan poin poin Bab 4 - Sketsa buku k2 (70 mbr.) → mth 1/2 nro -		

Halaman ke:



DEPARTEMEN DESAIN PRODUK
FAKULTAS DESAIN KREATIF DAN BISNIS DIGITAL

UNTUK MAHASISWA

LOG BOOK

MATA KULIAH : TUGAS AKHIR
NAMA MHS : M. HUSANUL FIKRI
NRP : 5028221001

No.	TANGGAL	URAIAN KEGIATAN	CEK	TANDA TANGAN
1	5/16 5	- Asistensi terkait judul (mengganti niche) - Arahan pengembangan produk & penulisan BAB IV & V		
2	9/26 5	- Asistensi ideasi 3D model - Membuat 5-10 alternatif 3D desain untuk asistensi minggu depan		
3	18/26 5	- Asistensi 3D model alternatif desain - Pengembangan 3D model dari alternatif - Sistem Adjustable		
4	25/26 5	- Asistensi 3D Model texturing - Asistensi mekanisme bag. bodi		
5	25/26 5	- Asistensi Final 3D Modeling - Asistensi mekanisme - Penyelesaian isi bab 4 & 5		

Halaman ke:



DEPARTEMEN DESAIN PRODUK
FAKULTAS DESAIN KREATIF DAN BISNIS DIGITAL

UNTUK MAHASISWA

LOG BOOK

MATA KULIAH : _____
 NAMA MHS : M. INSANUL FIKRI
 NRP : 5028221001

No.	TANGGAL	URAIAN KEGIATAN	CEK	TANDA TANGAN
6	26/26 5	- Asistensi rekam persyarafan K2 - Asistensi 3D model keseluruhan brace		
7	26/26 5	- Asistensi Hasil perwujudan brace bagian utama (Subagian)		
8	26/26 5	- Asistensi Mekanisme - Asistensi Laporan		
9	28/26 5	- Asistensi 3D model -		
10	28/26 5	- Asistensi perwujudan texturing		

Halaman ke:

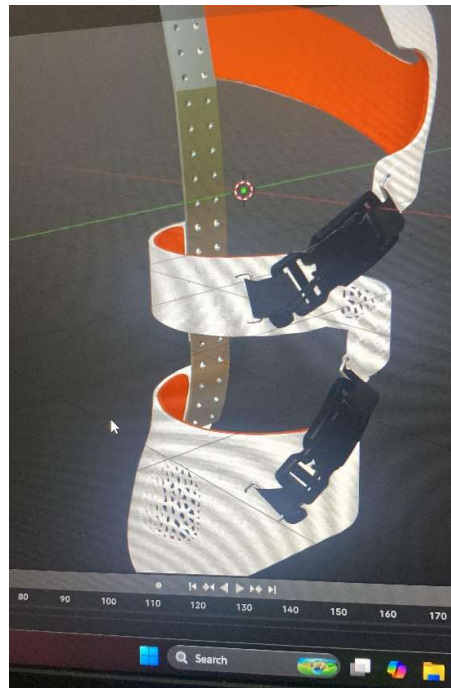
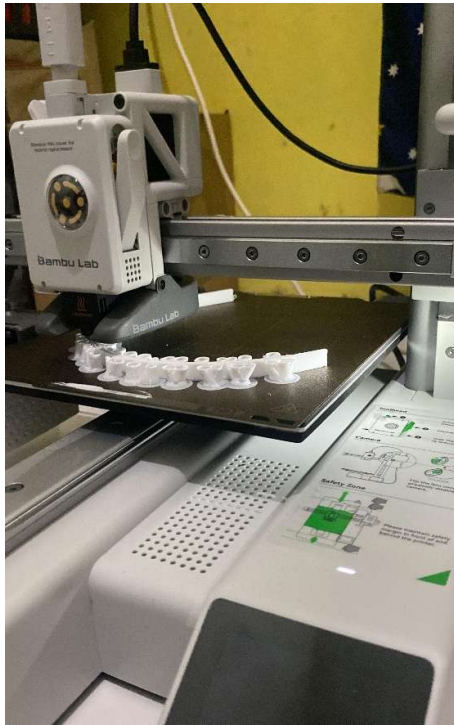
LAMPIRAN 2 Dokumentasi *In-Dept Interview*

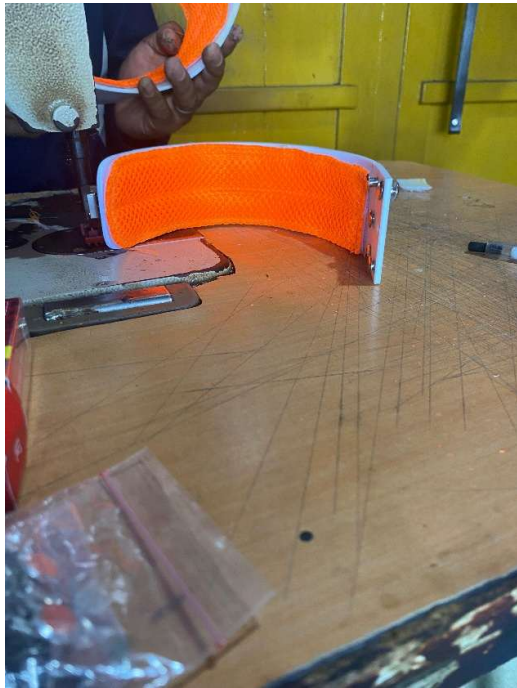


Hasil Deep Interview
(Sumber : Olahan Penulis,2025)

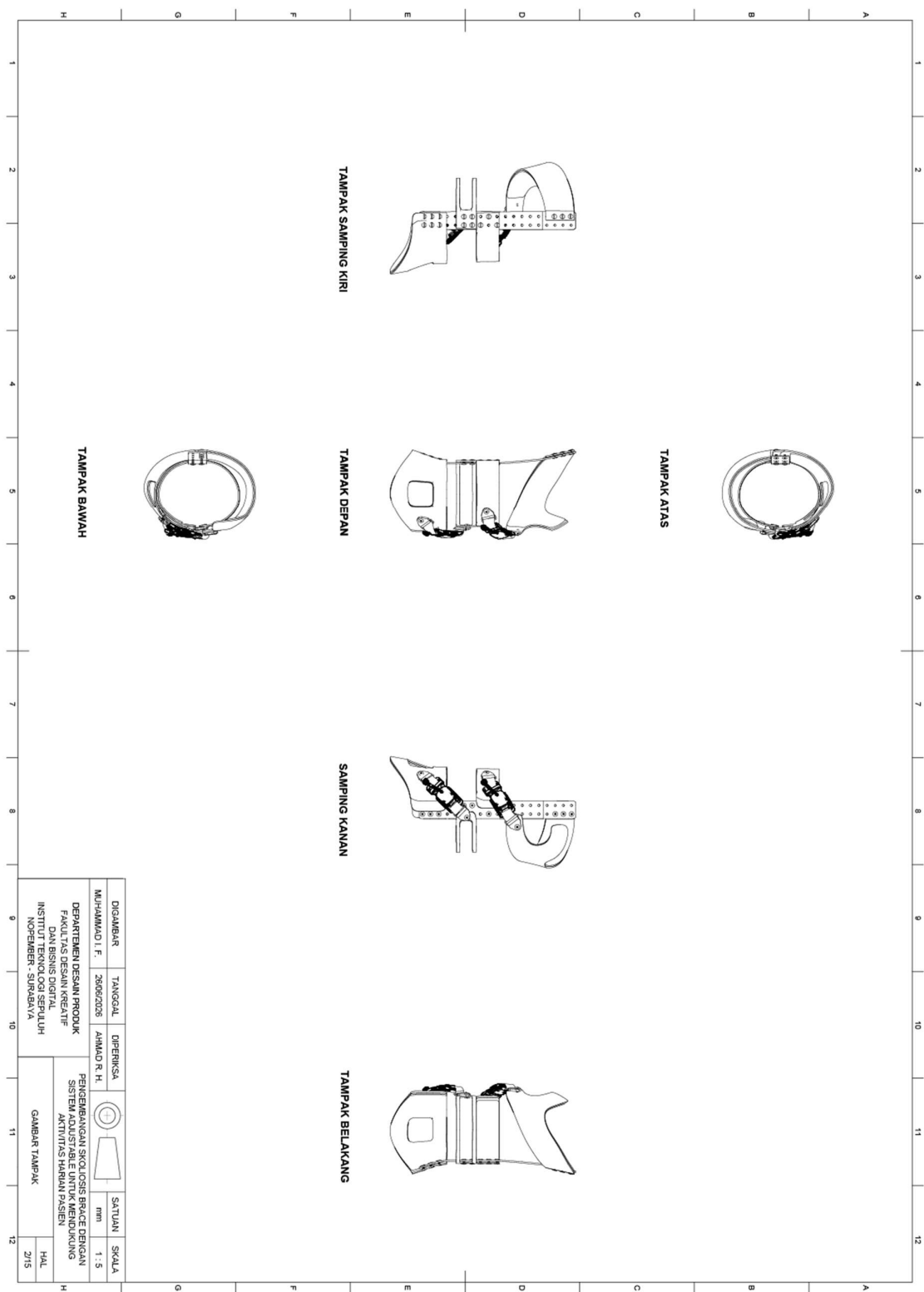
No	Pencarian Data	Pertanyaan	Hasil yang Diperoleh
1	Wawancara mendalam Inisial : K (Praktisi Ortotik Prostetik)	Apa alasan utama Anda dalam membuat alat bantu ortosis(<i>brace</i>)?	Adanya peluang bisnis dalam produksi <i>brace</i> sendiri, karena banyaknya pasien dari rumah sakit. Adanya resep dari dokter/pasiennya pernah konsultasi ke dokter
		Bagaimana <i>feedback</i> pasien terhadap alat bantu ortosis?	Kebanyakan pasien skoliosis itu merasa tidak nyaman/sakit saat pertama kali menggunakan <i>brace</i> , .rasa sakitnya ini muncul karena sistem tekan <i>brace</i> menekan postur pasien.
		Apa tanggapan Anda terkait penggunaan teknologi 3D print dalam produksi <i>brace</i> ?	Sangat memungkinkan sekali jika produksi <i>brace</i> menggunakan teknologi <i>3D print</i> , karena jumlah pasien yang ingin berkonsultasi dan membuat <i>brace</i> di rumah sakit sangat banyak.
		Bagaimana tanggapan pasien/orang tua pasien terkait <i>brace</i> yang Anda produksi?	Brace yang diproduksi sudah mengikuti standar Rumah sakit; Harga <i>brace</i> yang diproduksi jauh lebih terjangkau dibandingkan dengan harga ketika membuat dari Rumah sakit
		Apakah ada standarisasi dalam produksi <i>brace</i> ?	Standarisasi material dari rumah sakit yang digunakan adalah PE(<i>Polyethylene</i>) dengan ketebalan 4-5 milimeter
		Apakah sudah banyak yang menggunakan teknologi <i>3d print</i> untuk produksi <i>brace</i> ?	Di Kota-kota besar (seperti Jakarta/Surabaya) masih mengembangkan <i>brace</i> menggunakan teknologi <i>3D print</i> , jadi kalau untuk market di kota kota besar itu sangat memungkinkan
		Berapa lama waktu yang Anda butuhkan dalam membuat <i>brace</i> ?	Sekitar 12-14 hari; karena prosesnya yang panjang, mulai dari casting, pengecoran, rektifikasi, molding, fitting, dan finishing
		Kapan pasien skoliosis mengganti <i>brace</i> mereka?	Setiap 6 bulan sekali; melihat dari progres sudut kelengkungannya/ketika ada kerusakan dari <i>brace</i>
2	Wawancara mendalam Inisial : N (Pasien AIS)	Apa harapan Anda perkembangan <i>brace</i> di Indonesia?	Teknologi dalam pembuatan <i>brace</i> semakin maju dan rata rata harga <i>brace</i> di Indonesia sama setiap daerah
		Sejak kapan kamu menggunakan <i>brace</i> ?	Baru pertama kali menggunakan <i>brace</i>
		Kenapa memutuskan menggunakan <i>brace</i> ?	Ada dua saran dari dua dokter yang berbeda; yang pertama menyarankan menggunakan <i>brace</i> dari dokter ortopedi, sedangkan yang kedua menyarankan olahraga renang dan konsultasi kembali setelah 6 bulan. Jadi dari pada beresiko, langsung saya periksakan ke dokter ortopedi.
		Apa yang kamu rasakan saat pertama kali menggunakan <i>brace</i> ?	Rasa sakit dari tekanan di bagian dada dan panggul sangat mengganggu dan membuat tidak nyaman saat menggunakan <i>brace</i>
		Bagaimana perasaanmu ketika mengetahui kalau kamu skoliosis?	Menerima dengan ikhlas dan tetap mematuhi penggunaan <i>brace</i> yang disarankan oleh dokter
		Sejak kapan Anda tahu bahwa Anda memiliki skoliosis?	Mulai kelihatannya itu ketika sedang sholat; bagian tulang punggungnya ada yang lebih tinggi saat ruku'

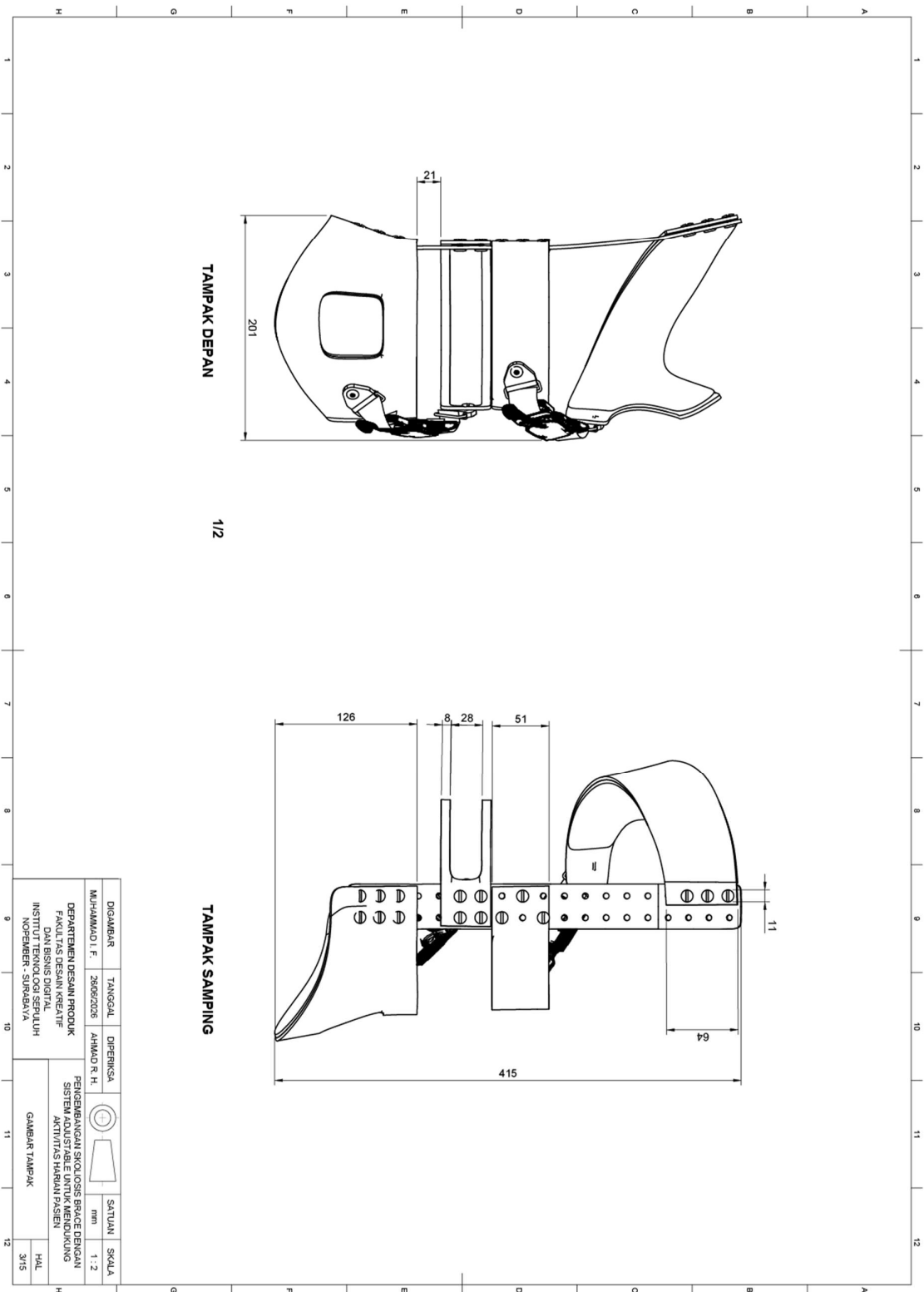
LAMPIRAN 3 Dokumentasi Prototyping



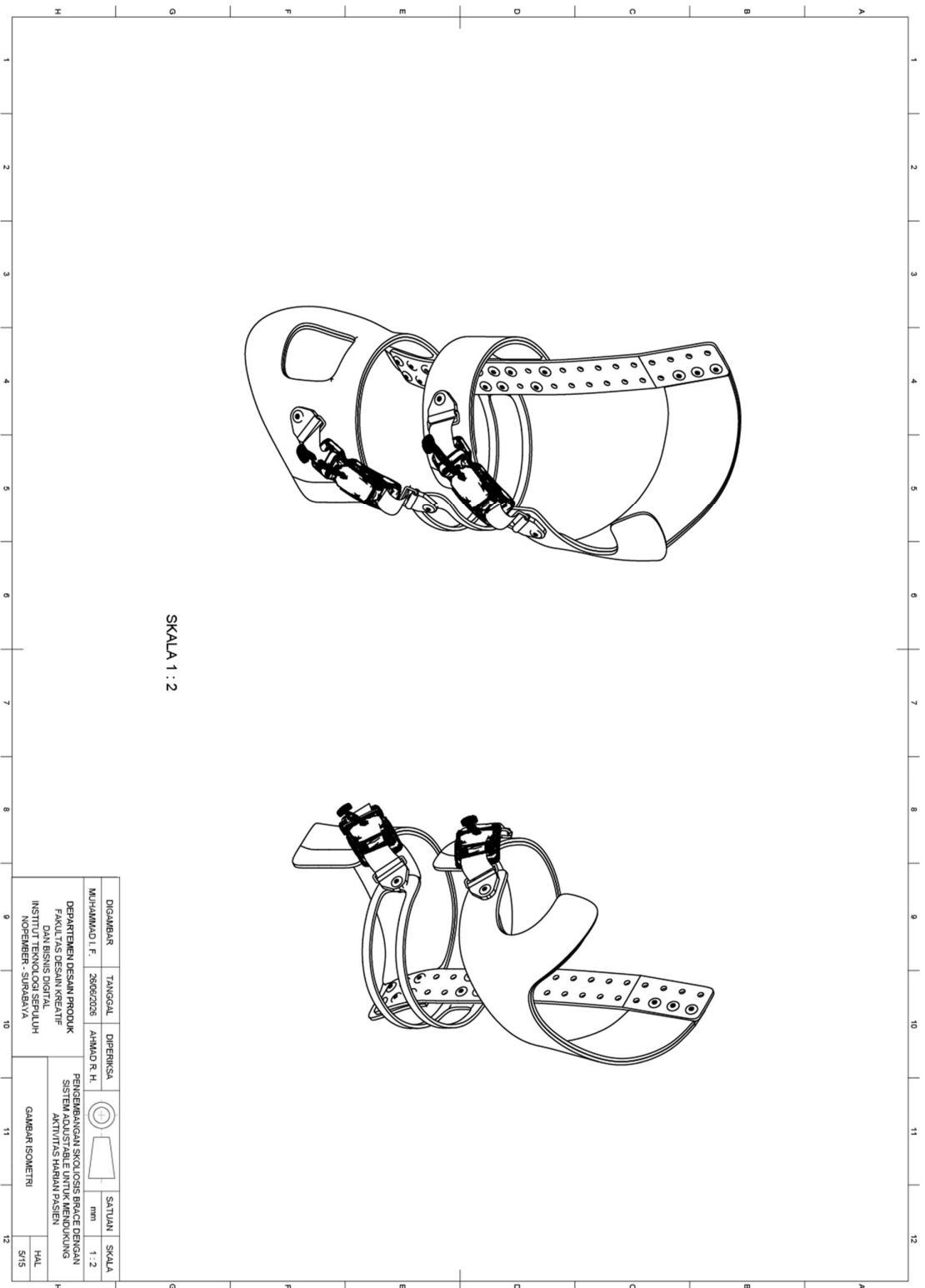


LAMPIRAN 4 Gambar Teknik





DIGAMBAR	TANGGAL	DIREKSI	SATUAN	SKALA
M.HAMMAD I.F.	28/06/2026	AHMAD R.H.	mm	1:2
DEPARTEMEN DESAIN PRODUK FAKULTAS DESAIN KREATIF DAN BISNIS DIGITAL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA				
GAMBAR TAMPAK			HAL	3/15



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Probolinggo, 4 Juni 2003, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK,SD,SMP,SMA Taruna Dra. Zulaeha. Setelah lulus dari SMA tahun 2022, Penulis mengikuti SNMPTN dan diterima di Departemen Desain Produk FDKBD - ITS pada tahun 2022 dan terdaftar dengan NRP 5028221001.

Di Departemen Desain Produk Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan Seminar yang diselenggarakan oleh Departemen, Himpunan Mahasiswa Desain Produk (Hima-IDE), aktif sebagai Asisten Laboratorium Protomodel dan sering mengikuti penelitian dosen laboratorium desain produk.

