

**STUDI *IN VIVO*: POTENSI MINYAK ATSIRI SELEDRI (*Apium graveolens*
L.) SEBAGAI AGEN PENUMBUH RAMBUT PADA KELINCI JANTAN
*NEW ZEALAND WHITE***

(SKRIPSI)

Oleh

Ida Ayu Gede Bintang Widia Putri

2218031035



**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2026

**STUDI *IN VIVO*: POTENSI MINYAK ATSIRI SELEDRI (*Apium graveolens*
L.) SEBAGAI AGEN PENUMBUH RAMBUT PADA KELINCI JANTAN
*NEW ZEALAND WHITE***

Oleh:

Ida Ayu Gede Bintang Widia Putri

(SKRIPSI)

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA FARMASI**

Pada

**Jurusan Farmasi
Fakultas Kedokteran Universitas Lampung**



**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

Judul Skripsi

: **STUDI *IN VIVO*: POTENSI MINYAK ATSIRI SELEDRI (*Apium graveolens* L.) SEBAGAI AGEN PENUMBUH RAMBUT PADA KELINCI JANTAN *NEW ZEALAND WHITE*.**

Nama Mahasiswa

: **Ida Ayu Gede Bintang Widia Putri**

No. Pokok Mahasiswa

: 2218031035

Program Studi

: Farmasi

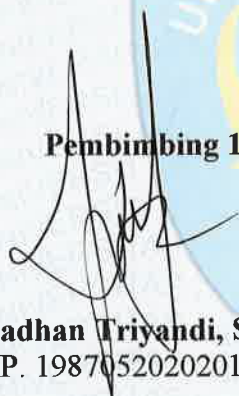
Fakultas

: Kedokteran

MENYETUJUI

Komisi Pembimbing

Pembimbing 1



apt. Ramadhan Triyandi, S.Farm., M.Si
NIP. 198705202020121015

Pembimbing 2



apt. Muhammad Iqbal, S.Farm., M.Sc.
NIP. 198612052022031003

Dekan Fakultas Kedokteran



Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc.
NIP. 197601202003122001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: apt. Ramadhan Triyandi, S.Farm., M.Si.



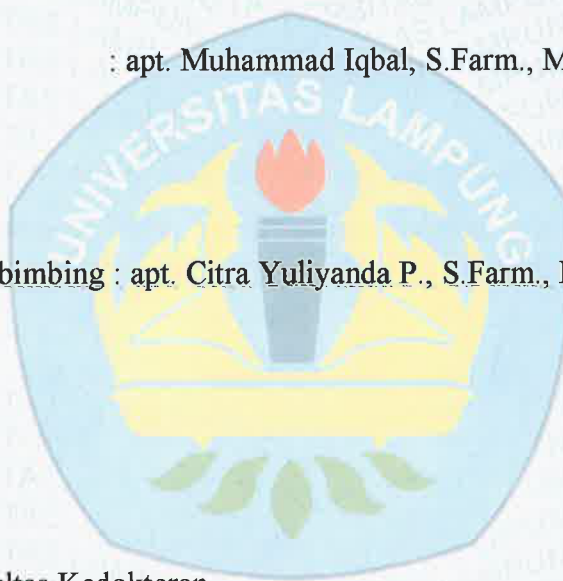
Sekretaris

: apt. Muhammad Iqbal, S.Farm., M.Sc.



Penguji

Bukan Pembimbing : apt. Citra Yuliyanda P., S.Farm., M.Farm.



2. Dekan Fakultas Kedokteran



Dr. dr. Ew Kurniawaty, M.Sc.

NIP. 197601202003122001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 26 Januari 2026

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya, bahwa:

1. Skripsi dengan judul “Studi *In Vivo*: Potensi Minyak Atsiri Seledri (*Apium graveolens* L.) sebagai Agen Penumbuh Rambut pada Kelinci Jantan *New Zealand White*” adalah hasil karya saya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau disebut plagiarisme.
2. Atas pernyataan ini apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya.

Bandar Lampung, 26 Januari 2026

Pembuat Pernyataan



Ida Ayu Gede Bintang Widia Putri
NPM. 2218031035

RIWAYAT HIDUP

Ida Ayu Gede Bintang Widia Putri lahir di Depok pada tanggal 25 Maret 2004 sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Ida Bagus Putu Dharma dan Ibu Anik Sulistyaningsih. Perjalanan pendidikan formal penulis dimulai di TK Lestari pada tahun 2009 dan berlanjut ke jenjang pendidikan dasar di SD Negeri Sukamaju 1 Depok pada tahun 2010. Selanjutnya, penulis menempuh pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 4 Depok pada tahun 2016 dan melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA YASPEN Tugu Ibu 1 Depok pada tahun 2019. Pada tahun 2022, penulis resmi diterima sebagai mahasiswa Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama masa perkuliahan, penulis berpartisipasi aktif dalam kegiatan akademik dan sejumlah organisasi kemahasiswaan. Keterlibatan penulis dalam organisasi kemahasiswaan diwujudkan melalui keterlibatan di Himpunan Mahasiswa Farmasi Universitas Lampung, khususnya pada Departemen Pengembangan Sumber Daya Manusia sebagai Sekretaris Departemen pada kepengurusan tahun 2024. Penulis juga terlibat dalam Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, khususnya pada Dinas Kajian Strategis dan Advokasi dalam Biro Advokasi dan Kesejahteraan Mahasiswa.

Sebagai puncak dari perjalanan pada jenjang sarjana, penulis menyusun skripsi berjudul “Studi *In Vivo*: Potensi Minyak Atsiri Seledri (*Apium graveolens* L.) sebagai Agen Penumbuh Rambut pada Kelinci Jantan *New Zealand White*”, yang menjadi bukti pertanggungjawaban akademik sekaligus sumbangsih terhadap pengembangan ilmu kefarmasian.

ဣဉ္ဇာ အဝိဇ္ဇာဗျဉ္ဇာ အာမ္မာ ဧကေယာ မိဇ္ဇာဗျဉ္ဇာ မိဇ္ဇိ အာမ္မာ ဗာဏါ အာမ္မာ မ္ဗာဟူဝ

Om avighnam astu, namo siddham, siddhir astu, tad astu svāhā

यस्त्वात्मरतिरेव स्यादात्मतृप्तश्च मानवः ।

आत्मन्येव च सन्तुष्टस्तस्य कार्यं न विद्यते ॥

yas tv ātma-ratir eva syād ātma-trptaś ca mānavaḥ

ātmany eva ca santuṣṭas tasya kāryam na vidyate

“Karena itu hendaknya seseorang bertindak karena kewajiban tanpa terikat terhadap hasil kegiatan, sebab dengan bekerja tanpa ikatan terhadap hasil seseorang sampai kepada Yang Mahakuasa.”

Bhagavad-Gītā 3:19.

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadapan Ida Shang Hyang Widhi Wasa atas segala rahmat, karunia, serta tuntunan-Nya yang senantiasa menyertai setiap langkah penulis, pelaksanaan penelitian, hingga penyusunan skripsi yang berjudul “Studi *In Vivo*: Potensi Minyak Atsiri Seledri (*Apium graveolens* L.) sebagai Agen Penumbuh Rambut pada Kelinci Jantan *New Zealand White*” dapat terselesaikan dengan baik. Proses penyusunan skripsi ini merupakan perjalanan akademik yang penuh tantangan dan pembelajaran berharga, yang menuntut kesabaran, ketekunan, serta komitmen. Bekat kekuatan dan kemudahan yang dianugerahkan, berbagai hambatan yang ditemui dapat dilalui hingga skripsi ini akhirnya menemukan titik akhir.

Penulisan skripsi ini tidak mungkin dapat terselesaikan dengan baik tanpa disertai bimbingan, nasihat, dan dukungan dari berbagai pihak yang senantiasa mengiringi setiap tahap perjalanan penulis. Segala perhatian dan bantuan yang diberikan, baik secara langsung maupun tidak langsung, memiliki peran yang sangat berarti dalam menunjang kelancaran dan seluruh proses yang ditempuh dalam penyelesaian karya ilmiah ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih dan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
3. dr. Rani Himayani, Sp.M., selaku Ketua Jurusan Farmasi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
4. apt. Ramadhan Triyandi, S.Farm., M.Si., selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa dengan ikhlas dan sabar untuk meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan ilmu, bimbingan, arahan, motivasi, kritik, saran,

serta kesempatan kepada penulis sejak awal hingga penulisan skripsi ini terselesaikan.

5. apt. Muhammad Iqbal, S.Farm., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa dengan ikhlas meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan ilmu, bimbingan, arahan, motivasi, kritik, saran, serta kesempatan kepada penulis sejak awal hingga penulisan skripsi ini terselesaikan;
6. apt. Citra Yuliyanda Pardilawati, S.Farm., M.Farm., selaku Dosen Penguji skripsi yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan masukan, kritik, serta saran mengenai skripsi ini;
7. Femmy Andrifanie, S.Farm., M.Farm., selaku Pembimbing Akademik yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, motivasi, masukkan, kritik, serta saran kepada penulis selama masa perkuliahan di Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
8. Afrita Anggraini, A.Md.Farm., Amelia Purwaningsih, A.Md.Farm., dan Purna Firdaus, S.Si., M.Si., selaku Laboran Laboratorium Kimia Farmasi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, serta Kak Fredison, S.Farm., selaku Alumni Program Studi Farmasi Universitas Lampung yang senantiasa membantu penulis selama proses penelitian;
9. Seluruh dosen Fakultas Kedokteran Universitas Lampung yang senantiasa memberikan bimbingan, membekali dengan ilmu, serta memberikan pengalaman-pengalaman bermanfaat selama proses perkuliahan;
10. Seluruh staf dan civitas akademik Fakultas Kedokteran Universitas Lampung yang senantiasa membantu selama proses penyiapan penyusunan skripsi ini;
11. Cinta pertama dan panutan penulis, Ajik terkasih, Ida Bagus Putu Dharma, yang senantiasa menjadi teladan dalam setiap langkah penulis. Terima kasih atas perjuangan, pengorbanan, dan usaha tanpa lelah yang selalu dikerahkan demi kebahagiaan dan kesuksesan penulis;
12. Tangan yang selalu menuntun penulis, Mama terkasih, Anik Sulistyaningsih, yang senantiasa menjadi pendengar di setiap keluh kesah, yang tiada henti menebarkan cinta, doa, dukungan, motivasi, dan apresiasi yang tulus bagi setiap langkah penulis;

13. Penuntun kedua dalam perjalanan hidup penulis, Ibu tersayang, Sang Ayu Ketut Tri Widiawati, yang senantiasa membimbing penulis untuk bersyukur, menyayangi, memberikan semangat, menghargai setiap langkah kecil, dan memberikan afirmasi positif kepada penulis;
14. Sumber tawa dan semangat penulis, Adik tersayang, Ida Ayu Chandani Vidya Putri yang senantiasa menyemangati, menghibur, dan menemani serta memberi semangat kepada penulis;
15. Seluruh keluarga besar yang senantiasa menyertai setiap langkah penulis dengan semangat, motivasi, dukungan serta doa-doa terbaik kepada penulis;
16. Sahabat-sahabat tercinta, yaitu Ni Putu Ayudya Sari, Ni Nyoman Indri Angelita, dan Ni Komang Sumantri, yang menjadi sahabat sekaligus keluarga sejak hari pertama perkuliahan. Terima kasih senantiasa setia mendampingi, menjadi keluarga dalam susah dan senang, serta selalu menyertai dengan cinta, memberikan dukungan, motivasi, dan arahan kepada penulis;
17. Seseorang yang selalu setia menemani, menyemangati, mendengarkan setiap keluh kesah, serta meyakinkan penulis sejak awal masuk perguruan tinggi;
18. Teman-teman KECIM tersayang, yaitu Angelica Asmara Basanti dan Tasya Aprilia Pubioganda yang senantiasa mendukung dan memberikan semangat kepada penulis;
19. Sahabat kecil penulis, yaitu Eugenia Natasya Angela Aji Wahono yang senantiasa mendukung, menyemangati, dan menguatkan penulis sedari awal perjuangan masuk perguruan tinggi;
20. Teman-teman terdekat dan teman-teman laboratorium, yaitu Dela, Nikken, Anugrah, Ardi, Ressa, Farhan, dan Alya yang senantiasa membantu penulis selama penelitian;
21. Teman-teman Farmasi Angkatan 2022 Fakultas Kedokteran Universitas Lampung atas semangat dan kebersamaan yang terjalin selama perkuliahan;
22. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan dukungan dan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki berbagai keterbatasan. Oleh karena itu, segala bentuk masukan, saran, dan kritik yang membangun sangat

diharapkan guna meningkatkan karya ini di kemudian hari. Penulis berharap penelitian ini dapat memberikan kontribusi, memperkaya khazanah keilmuan, serta dapat dijadikan acuan bagi penelitian selanjutnya.

Bandar Lampung, 26 Januari 2026

Penulis,

Ida Ayu Gede Bintang Widia Putri

ABSTRACT

IN VIVO STUDY: THE POTENTIAL OF CELERY ESSENTIAL OIL (*Apium graveolens* L.) AS A HAIR GROWTH AGENT IN MALE NEW ZEALAND WHITE RABBITS

By

IDA AYU GEDE BINTANG WIDIA PUTRI

Background: Hair loss is a common dermatological condition affecting physical appearance, psychological well-being, and self-confidence. Minoxidil is widely used to stimulate hair growth, however, long-term use is often associated with adverse effects, including scalp irritation and dermatitis, encouraging the search for safer and more sustainable natural alternatives. Celery (*Apium graveolens* L.) contains essential oil rich in bioactive compounds such as limonene, selinene, and apoiole that may enhance scalp microcirculation and follicular metabolism, thereby supporting hair growth.

Methods: Conducted as an in vivo experimental investigation using male New Zealand White rabbits with a split-body design. Celery essential oil was obtained by distillation and diluted with liquid paraffin to concentrations of 1%, 1.5%, and 2%. Treatment groups included a negative control (liquid paraffin), a positive control (2% minoxidil), and celery essential oil at the three concentrations. All formulations were applied topically to the dorsal area for 21 days. Hair growth was evaluated based on hair length (mm) and hair density (hairs/cm²). Data were analyzed using One-Way ANOVA and Post Hoc analysis.

Results: Celery essential oil significantly enhanced hair growth compared to the negative control, with significant differences observed among treatment groups in hair length and density. Hair length increased significantly, with mean values 14.33 mm (1%), 16.39 mm (1.5%), and 18.60 mm (2%), where the 2% essential oil did not differ significantly from 2% minoxidil. Hair density also increased significantly, with mean values 483.33 hairs/cm² (1%), 542.33 hairs/cm² (1.5%), and 583.33 hairs/cm² (2%). This indicates that increasing concentrations of celery essential oil are directly proportional to increases in both hair length and hair density.

Conclusion: Celery essential oil (*Apium graveolens* L.) demonstrated potential as a natural hair growth agent. The 2% concentration was identified as the most optimal concentration for enhancing hair length and showed effectiveness comparable to 2% minoxidil.

Keywords: *Apium graveolens*, Celery essential oil, Hair growth, Minoxidil, Rabbit.

ABSTRAK

STUDI IN VIVO: POTENSI MINYAK ATSIRI SELEDRI (*Apium graveolens* L.) SEBAGAI AGEN PENUMBUH RAMBUT PADA KELINCI JANTAN *NEW ZEALAND WHITE*

Oleh

IDA AYU GEDE BINTANG WIDIA PUTRI

Latar Belakang: Kerontokan rambut merupakan masalah dermatologis yang memengaruhi penampilan fisik dan kepercayaan diri. Minoxidil umum digunakan merangsang pertumbuhan rambut, namun penggunaan jangka panjang dikaitkan dengan efek samping seperti iritasi kulit kepala dan dermatitis. Seledri (*Apium graveolens* L.) mengandung minyak atsiri kaya senyawa bioaktif seperti limonene, selinene, dan apiol, yang berpotensi meningkatkan mikrosirkulasi kulit kepala serta metabolisme folikel, sehingga mendukung pertumbuhan rambut.

Metode: Studi eksperimental *in vivo* menggunakan kelinci jantan galur *New Zealand White* dengan desain *split-body*. Minyak atsiri seledri diperoleh melalui destilasi dan diencerkan dengan parafin cair hingga konsentrasi 1%, 1,5%, dan 2%. Kelompok perlakuan meliputi kontrol negatif, kontrol positif (minoxidil 2%), serta minyak atsiri seledri pada ketiga konsentrasi, yang diaplikasikan secara topikal pada area punggung selama 21 hari. Parameter pertumbuhan rambut yang diamati meliputi panjang (mm) dan kepadatan rambut (helai/cm²). Data dianalisis menggunakan uji *One-Way ANOVA* dan analisis *Post Hoc*.

Hasil: Minyak atsiri seledri secara signifikan meningkatkan pertumbuhan rambut, dengan perbedaan bermakna pada setiap parameter. Panjang rambut meningkat dengan nilai rata-rata 14,33 mm (1%), 16,39 mm (1,5%), dan 18,60 mm (2%), di mana konsentrasi minyak atsiri 2% tidak berbeda signifikan dengan minoxidil 2%. Kepadatan rambut juga meningkat, dengan nilai rata-rata 483,33 helai/cm² (1%), 542,33 helai/cm² (1,5%), dan 583,33 helai/cm² (2%), yang menunjukkan peningkatan konsentrasi minyak atsiri berbanding lurus dengan peningkatan panjang dan kepadatan rambut.

Kesimpulan: Minyak atsiri seledri (*Apium graveolens* L.) berpotensi sebagai agen penumbuh rambut alami. Konsentrasi 2% diidentifikasi sebagai konsentrasi paling optimal dalam meningkatkan panjang dan kepadatan rambut, serta menunjukkan efektivitas yang sebanding dengan minoxidil 2%.

Kata kunci: *Apium graveolens*, Kelinci, Minoxidil, Minyak atsiri seledri, Pertumbuhan rambut.

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR SINGKATAN	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.3.1 Tujuan Umum.....	5
1.3.2 Tujuan Khusus.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.4.1 Manfaat Bagi Institusi	5
1.4.2 Manfaat Bagi Peneliti	6
1.4.3 Manfaat Bagi Masyarakat.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanaman Seledri (<i>Apium graveolens</i> L.).....	7
2.1.1 Klasifikasi Seledri	7
2.1.2 Morfologi Seledri	7
2.1.3 Khasiat Tanaman Seledri.....	9
2.2 Minyak Atsiri Seledri	9
2.3 Rambut	11
2.3.1 Definisi Rambut.....	11
2.3.2 Anatomi Rambut	12
2.3.3 Fase Pertumbuhan Rambut.....	17
2.3.4 Jenis-Jenis Rambut	20
2.3.5 Masalah pada Rambut	22
2.4 Minoxidil.....	25
2.5 Parafin Cair	27
2.6 Metode Penyulingan Minyak Atsiri	27

2.6.1	Destilasi Sederhana (Perebusan)	28
2.6.2	Destilasi Uap (<i>Steam Distillation</i>).....	29
2.6.3	Destilasi Uap-Air (<i>Steam-Water Distillation</i>)	29
2.7	Kerangka Teori.....	31
2.8	Kerangka Konsep	32
2.9	Hipotesis.....	32

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Desain Penelitian.....	33
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	33
3.2.1	Tempat Penelitian	33
3.2.2	Waktu Penelitian	34
3.3	Alat, Bahan, dan Subjek Penelitian.....	34
3.3.1	Alat Penelitian	34
3.3.2	Bahan Penelitian.....	34
3.3.3	Subjek Penelitian.....	34
3.4	Variabel Penelitian	34
3.4.1	Variabel Bebas.....	34
3.4.2	Variabel Terikat.....	35
3.4.3	Variabel Kontrol.....	35
3.5	Prosedur Penelitian.....	35
3.5.1	Pengambilan Sampel	35
3.5.2	Uji Determinasi	35
3.5.3	Penyulingan Minyak Atsiri.....	35
3.5.4	Perhitungan Rendemen dan Bobot Jenis Minyak Atsiri.....	37
3.5.5	Aplikasi Minyak Atsiri pada Hewan Uji	38
3.5.6	Pengukuran Panjang dan Kepadatan Rambut Hewan Uji	40
3.6	Alur Penelitian.....	40
3.7	Pengolahan dan Analisis Data	41
3.8	Etik Penelitian	42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil	43
4.1.1	Determinasi Tanaman.....	43
4.1.2	Pembuatan Simplisia Basah	43
4.1.3	Penyulingan dan Pengenceran Minyak Atsiri	44
4.1.4	Perhitungan Rendemen dan Bobot Jenis Minyak Atsiri.....	44
4.1.5	Hasil Data Pertumbuhan Panjang dan Kepadatan Rambut Hewan Uji.....	46
4.1.6	Hasil Analisis Statistik Deskriptif Panjang dan Kepadatan Rambut Hewan Uji.....	49

4.1.7	Hasil Pengujian Normalitas dan Homogenitas Data Panjang dan Kepadatan Rambut Hewan Uji	49
4.1.8	Hasil Analisis Statistik Parametrik <i>One-Way</i> ANOVA pada Panjang dan Kepadatan Rambut Hewan Uji	50
4.1.9	Hasil Analisis Lanjut (<i>Post Hoc Test</i>) pada Panjang dan Kepadatan Rambut Hewan Uji	53
4.2	Pembahasan	55
4.2.1	Penyulingan dan Pengenceran Minyak Atsiri	55
4.2.2	Karakterisasi Minyak Atsiri Seledri Berdasarkan Nilai Rendemen dan Bobot Jenis	56
4.2.3	Efektivitas Minyak Atsiri Seledri terhadap Panjang dan Kepadatan Rambut Hewan Uji	59
4.2.4	Konsentrasi Minyak Atsiri Seledri yang Paling Optimal dalam Pertumbuhan Rambut Hewan Uji	63
4.2.5	Perbandingan Efektivitas Minyak Atsiri Seledri dengan Minoxidil 2%	66
4.2.6	Keterbatasan Penelitian	68
 BAB V SIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Simpulan	69
5.2	Saran	70
 DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		101

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Bobot Sampel dan Simplisia Basah.....	43
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Rendemen Minyak Atsiri Seledri	44
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Bobot Jenis Minyak Atsiri	45
Tabel 4.4 Data Rata-Rata Panjang Rambut (mm).....	46
Tabel 4.5 Data Rata-Rata Kepadatan Rambut (helai/cm ²).....	47
Tabel 4.6 Hasil Analisis Deskriptif Panjang dan Kepadatan Rambut.....	49
Tabel 4.7 Hasil Uji Normalitas Data Panjang dan Kepadatan Rambut.....	49
Tabel 4.8 Hasil Uji Homogenitas Data Panjang dan Kepadatan Rambut	50
Tabel 4.9 Hasil Analisis <i>One-Way</i> ANOVA Panjang Rambut.....	51
Tabel 4.10 Hasil Analisis <i>One-Way</i> ANOVA Kepadatan Rambut.....	52
Tabel 4.11 Hasil Analisis Lanjut (<i>Post Hoc Test</i>) Panjang Rambut	53
Tabel 4.12 Hasil Analisis Lanjut (<i>Post Hoc Test</i>) Kepadatan Rambut.....	54

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Morfologi Seledri (<i>Apium graveolens</i> L.).....	8
Gambar 2.2 Struktur Akar Rambut	14
Gambar 2.3 Struktur Batang Rambut.....	16
Gambar 2.4 Fase Pertumbuhan Rambut.....	19
Gambar 2.5 Bentuk Folikel Rambut	22
Gambar 2.6 Struktur Kimia Minoxidil.....	27
Gambar 2.7 Alat Destilasi Sederhana.....	28
Gambar 2.8 Alat Destilasi Uap.....	29
Gambar 2.9 Alat Destilasi Uap-Air.....	30
Gambar 2.10 Kerangka Teori Penelitian	31
Gambar 2.11 Kerangka Konsep Penelitian	32
Gambar 3.1 Persamaan Perhitungan Rendemen	37
Gambar 3.2 Persamaan Perhitungan Bobot Jenis	38
Gambar 3.3 Skema Pencukuran Punggung Hewan Uji	39
Gambar 3.4 Kerangka Alur Penelitian	41
Gambar 4.1 Grafik Rata-Rata Panjang Rambut.....	46
Gambar 4.2 Grafik Rata-Rata Kepadatan Rambut.....	48

DAFTAR SINGKATAN

AGA	: Androgenetic Alopecia
ANOVA	: <i>Analysis of Varians</i>
ASI	: Air Susu Ibu
b/b	: Bobot/bobot
C	: Celcius
Cm	: Centimeter
DHT	: <i>Dihidrotestosterone</i>
df1, df2	: <i>Degree of freedom</i>
IRS	: <i>Inner router Sheath</i>
Max.	: <i>Maximum</i>
Min.	: <i>Minimum</i>
Mm	: Milimeter
mL	: Mililiter
ORS	: <i>Out Router Sheath</i>
Sig.	: <i>Significance</i>
TE	: Telogen Effluvium
TN	: Trichorrexis Nodosa
TOGA	: Tanaman Obat Keluarga
UV	: Ultraviolet
VEGF	: <i>Vascular Endothelial Growth Factor</i>

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Persetujuan Etik Penelitian	102
Lampiran 2. Hasil Determinasi Tanaman Seledri (<i>Apium graveolens</i> L.)	103
Lampiran 3. Perhitungan Rendemen Minyak Atsiri	105
Lampiran 4. Perhitungan Bobot jenis Minyak Atsiri	105
Lampiran 5. Perhitungan Pengenceran Minyak Atsiri	106
Lampiran 6. Dokumentasi	106
Lampiran 7. Data Panjang dan Kepadatan Rambut Hewan Uji	123
Lampiran 8. Hasil Analisis Data Statistik dengan SPSS	124
Lampiran 9. <i>Certificate of Analysis</i> N-Heksan	127
Lampiran 10. <i>Certificate of Analysis</i> Parafin Cair	128

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rambut memiliki peran penting pada manusia, terutama dalam memberi perlindungan dari berbagai faktor lingkungan, seperti suhu ekstrem, sinar ultraviolet (UV), dan polusi udara. Rambut berfungsi sebagai pelindung kulit kepala dari paparan langsung sinar matahari dan membantu untuk menjaga suhu tubuh (Lasisi *et al.*, 2023). Selain fungsi protektifnya, rambut juga berperan dalam, termoregulasi dengan membantu mempertahankan kelembaban kulit kepala dan mencegah kehilangan panas berlebihan. Selain itu, baik pada pria maupun wanita, rambut juga memegang peranan besar dalam menunjang penampilan dan identitas personal, karena rambut yang sehat dapat meningkatkan rasa percaya diri (Darade *et al.*, 2023).

Rambut sering kali menghadapi berbagai permasalahan yang cukup serius, seperti rambut kusam, kusut, berminyak, beruban, bercabang, hingga masalah yang lebih serius seperti kerontokan berlebih yang dapat berkembang menjadi kebotakan atau alopecia (Hasanah *et al.*, 2022). Kerontokan rambut menimbulkan kekhawatiran bagi banyak orang, terlepas dari usia maupun jenis kelaminnya. Secara normal, rambut yang rontok dari kulit kepala berjumlah hingga sekitar 100 helai per hari, namun dianggap tidak normal apabila jumlahnya melebihi 120 helai per hari dan berlangsung secara konsisten (Kristiningrum, 2018). Faktor internal yang dapat menyebabkan kerontokan rambut meliputi pengaruh hormon, faktor genetik, penyakit sistemik, keracunan, defisiensi nutrisi, serta kondisi gizi yang tidak seimbang (Ahmed *et*

al., 2025). Selain itu, penggunaan produk perawatan rambut yang tidak sesuai dapat semakin memperparah kondisi rambut. Oleh karena itu, sangat penting untuk memahami penyebab dan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah rambut, termasuk pengobatan dengan bahan alami dan herbal yang telah terbukti efektif dan aman (Kawar *et al.*, 2024).

Kerontokan rambut yang berujung pada kebotakan, dapat dicegah melalui pengobatan baik dari dalam maupun luar. Terapi dari dalam dapat melalui konsumsi obat-obatan, suplemen nutrisi, atau injeksi yang berfungsi menghentikan kerontokan sekaligus merangsang pertumbuhan rambut baru. Sedangkan terapi dari luar dapat dilakukan melalui aplikasi topikal, seperti salep, serum, lotion, atau larutan penumbuh rambut yang dioleskan langsung ke kulit kepala (Mendoza *et al.*, 2025). Produk pencegah kebotakan dapat berasal dari bahan sintetis maupun herbal. Namun, penggunaan produk sintetis sering kali menimbulkan efek samping, seperti dermatitis, rasa gatal, kemerahan, rasa panas, iritasi, bahkan risiko alergi sistemik jika digunakan dalam jangka panjang (Yadav *et al.*, 2023). Kondisi ini mendorong pengembangan alternatif pencegahan kebotakan dengan memanfaatkan bahan alami yang lebih aman, berkelanjutan, dan minim efek samping (Miftahurahma *et al.*, 2023).

Sebagai alternatif yang lebih aman untuk mencegah kebotakan dan merangsang pertumbuhan rambut, serta merawat rambut agar tetap sehat adalah dengan menggunakan minyak rambut dari bahan alami yang telah teruji secara empiris (Rahmawati and Dewi, 2022). Salah satu bahan alami yang memiliki potensi untuk mencegah kebotakan dan merangsang pertumbuhan rambut adalah seledri (*Apium graveolens* L.). Seledri telah lama dikenal dalam pengobatan tradisional dan mengandung berbagai senyawa bioaktif yang diduga dapat merangsang pertumbuhan rambut (Kooti and Daraei, 2017). Minyak atsiri seledri mengandung senyawa-senyawa aktif kompleks seperti limonene (sifat anti-inflamasi), β -selinene (antioksidan alami), dan apiol (berperan dalam stimulasi sirkulasi) yang diketahui memiliki aktivitas

farmakologis beragam, termasuk potensi sebagai pertumbuhan rambut (Salehi *et al.*, 2019).

Minyak atsiri pada umumnya tidak dapat diaplikasikan secara langsung pada permukaan kulit tanpa adanya medium pembawa atau *carrier oil*, karena berpotensi menimbulkan iritasi jika digunakan dalam bentuk murni (Orchard *et al.*, 2019). Salah satu bahan pembawa yang sering digunakan adalah parafin cair (*liquid paraffin*) (Alhasso and Ghoris, 2022). Parafin cair merupakan bahan yang bersifat netral dan inert, sehingga tidak menimbulkan efek dan interaksi yang merugikan ketika dicampurkan dengan minyak atsiri. Selain itu, parafin cair juga memberikan efek emolien yang membantu mempertahankan kelembapan kulit (Pradipta *et al.*, 2025).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menguji efektivitas bahan alam terhadap pertumbuhan rambut, khususnya dengan menggunakan ekstrak tanaman seperti seledri (*Apium graveolens* L.) dalam berbagai formulasi dan konsentrasi. Sebagian besar studi memanfaatkan ekstrak etanol daun seledri dalam bentuk sediaan *hair tonic* atau gel, baik sebagai bahan tunggal maupun kombinasi dengan bahan aktif lainnya, misalnya daun mangkokan dengan kandungan flavonoidnya (Jubaidah *et al.*, 2018), daun kacang panjang sebagai sumber protein nabati (Widodo and Purba, 2020), minyak kemiri yang mengandung asam lemak esensial (Dewi and Ridwan, 2024), maupun teh hijau dengan polifenol aktifnya (Hindun *et al.*, 2016) terhadap pertumbuhan rambut kelinci. Penelitian Jubaidah (2018) menjelaskan *hair tonic* kombinasi ekstrak daun seledri dan daun mangkokan dengan perbandingan konsentrasi 7,5%:2,5% memiliki aktivitas yang sama dengan *hair tonic* Minoxidil 2%. Sedangkan pada penelitian Fatimah *et al.* (2024) menjelaskan *hair tonic* kombinasi ekstrak seledri dan ekstrak ginseng jawa dengan perbandingan konsentrasi 9%:6% menghasilkan aktivitas pertumbuhan rambut yang paling cepat, yaitu dengan rata-rata panjang rambut 17,7 mm pada hari ke-14. Serta pada penelitian Widyaningsih *et al.* (2024) menjelaskan krim penumbuh rambut dengan konsentrasi ekstrak seledri 12 gram menghasilkan aktivitas

pertumbuhan rambut yang paling cepat, yaitu dengan rata-rata panjang rambut 1,75 cm pada minggu ke-7.

Berdasar studi yang telah dilakukan, belum banyak yang secara spesifik mengeksplorasi minyak atsiri murni dari seledri, padahal minyak atsiri diketahui memiliki kandungan senyawa aktif yang lebih terkonsentrasi yang berpotensi mempercepat pertumbuhan rambut dengan efisiensi yang lebih tinggi (Viveiros *et al.*, 2023). Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut yang secara khusus menganalisis potensi minyak atsiri seledri sebagai penumbuh rambut guna memperkaya referensi ilmiah dalam pengembangan produk perawatan rambut berbahan dasar herbal yang inovatif dan berkelanjutan, serta hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan alternatif alami dan memberi wawasan baru dalam pemanfaatan tanaman seledri untuk perawatan rambut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana gambaran efektivitas minyak atsiri seledri (*Apium graveolens* L.) terhadap pertumbuhan rambut yang diukur melalui parameter panjang dan kepadatan rambut pada kelinci jantan?
2. Berapa konsentrasi minyak atsiri seledri (*Apium graveolens* L.) yang menunjukkan efektivitas paling optimal dalam merangsang pertumbuhan rambut pada kelinci jantan?
3. Apakah minyak atsiri seledri (*Apium graveolens* L.) memiliki efektivitas yang sebanding dengan Minoxidil 2% dalam merangsang pertumbuhan rambut pada kelinci jantan?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi dan efektivitas minyak atsiri seledri (*Apium graveolens* L.) dalam merangsang pertumbuhan rambut pada kelinci jantan, serta membandingkannya dengan kontrol positif Minoxidil 2%.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui gambaran potensi minyak atsiri seledri (*Apium graveolens* L.) sebagai agen penumbuh rambut yang diukur melalui parameter panjang dan kepadatan rambut pada punggung kelinci jantan.
2. Mengetahui konsentrasi minyak atsiri seledri (*Apium graveolens* L.) yang memiliki efektivitas paling optimal dalam merangsang pertumbuhan rambut pada kelinci jantan.
3. Mengetahui efektivitas minyak atsiri seledri (*Apium graveolens* L.) dalam merangsang pertumbuhan rambut kelinci jantan berdasarkan parameter pertumbuhan rambut yang diamati, sehingga dapat diketahui apakah efektivitas minyak atsiri seledri setara, lebih baik, atau lebih rendah dari Minoxidil 2%.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Bagi Institusi

Diharapkan penelitian ini mampu memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu di bidang farmakologi, khususnya mengenai potensi minyak atsiri seledri (*Apium graveolens* L.) sebagai agen stimulan pertumbuhan rambut yang dapat memperkaya literatur dan referensi ilmiah terkait pengobatan masalah kebotakan dengan bahan herbal. Sekaligus dapat dijadikan sebagai bahan referensi dan pembelajaran

mengenai farmakologi, fitokimia, dan kosmetologi, serta dapat menjadi pemantik bagi penelitian-penelitian lanjutan di bidang yang sama.

1.4.2 Manfaat Bagi Peneliti

Diharapkan penelitian ini mampu menjadi landasan basis data untuk pengembangan obat baru berbasis bahan alam di masa mendatang, berdasarkan data mengenai kepadatan dan panjang rambut yang diperoleh dari pemberian minyak atsiri seledri (*Apium graveolens* L.).

1.4.3 Manfaat Bagi Masyarakat

Diharapkan penelitian ini mampu memberikan alternatif pengobatan berbasis bahan herbal yang lebih aman, terjangkau, dan mudah didapat untuk mengatasi masalah kebotakan dan merangsang pertumbuhan rambut, sehingga dapat mengurangi ketergantungan dan efek samping akibat penggunaan obat-obatan sintesis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L.)

2.1.1 Klasifikasi Seledri

Menurut Lansdown, (2016) pada klasifikasi tanaman seledri adalah sebagai berikut:

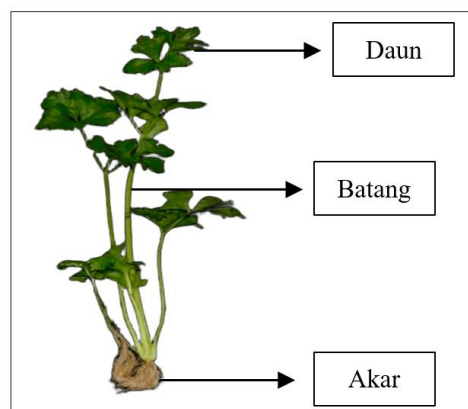
Kingdom	: Plantae
Sub Kingdom	: Tracheobionta
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Apiales
Famili	: Apiaceae
Genus	: <i>Apium</i> L.
Spesies	: <i>Apium graveolens</i> L.

2.1.2 Morfologi Seledri

Tanaman seledri (*Apium graveolens* L.) berasal dari daratan Asia, terutama di mediterania sekitar Laut Tengah dan menyebar ke berbagai wilayah, seperti Cina, India, Asia Tengah, Ethiopia, Meksiko bagian tengah dan Selatan, serta Amerika Serikat (Lai *et al.*, 2025). Seiring penyebarannya, tanaman seledri mengalami adaptasi lingkungan yang baik, sehingga mampu tumbuh di berbagai kondisi agroklimat. Di Indonesia, seledri umumnya dibudidayakan di daerah pegunungan,

dengan sentra penghasil utama diantaranya meliputi wilayah Cianjur, Pacet, Pengalengan, Cipanas, Lembang, Berastagi, dan Kabanjahe (Hendrika *et al.*, 2017). Masyarakat Indonesia tidak hanya menggunakan seledri sebagai pelengkap rasa dalam masakan, tetapi juga memanfaatkannya sebagai Tanaman Obat Keluarga (TOGA) (Retnaningsih *et al.*, 2023).

Seledri merupakan jenis tanaman yang mudah dibudidayakan dan dapat tumbuh hampir di semua tempat, baik di dataran rendah maupun dataran tinggi dengan ketinggian antara 0-1.200 meter di atas permukaan laut . Seledri merupakan tanaman semak yang dapat tumbuh hingga mencapai ketinggian sekitar 50 cm. Seledri memiliki batang tidak berkayu, berbentuk silindris, beralur, dan bercabang, sedangkan daunnya bersifat majemuk menyirip dengan tepi bergerigi, berbentuk baji, serta ujung meruncing. Akar seledri berupa akar tunggang bercabang yang terdiri dari akar serabut halus. Seledri memiliki bunga majemuk yang tersusun dalam pola seperti payung (umbel), dengan rangkaian bunga berjumlah 8 hingga 12 kuntum kecil berwarna putih kekuningan. Buah dan biji seledri memiliki ciri berwarna hijau pada fase muda, kemudian mengalami perubahan warna menjadi coklat muda ketika memasuki fase masak, dengan bentuk bulat berukuran kecil (Anuar and Levita, 2018).



Gambar 2.1 Morfologi Seledri (*Apium graveolens* L.) (Liu *et al.*, 2022)

2.1.3 Khasiat Tanaman Seledri

Seledri (*Apium graveolens* L.) dikenal luas karena memiliki berbagai manfaat kesehatan yang berasal dari kandungan senyawa bioaktifnya yang beragam dan kompleks. Seledri mengandung beberapa senyawa seperti flavonoid, saponin, tanin, minyak atsiri (limonene, selinene, dan apiol), flavo-glucosidase (apiin), apigenin, fitosterol, kolin, lipase, pthalides, asparagine, zat pahit, vitamin A, B, dan C, serta alkaloid (Donna *et al.*, 2018). Tanaman ini sering digunakan untuk membantu mengatasi berbagai gangguan kesehatan, seperti nyeri rematik, asam urat, tekanan darah tinggi, kolesterol, demam, gangguan pencernaan, serta gangguan pada organ hati dan limpa (Ngelu *et al.*, 2022).

Minyak atsiri yang terdapat dalam seledri telah terbukti mampu merangsang fase pertumbuhan rambut (fase anagen), meningkatkan produksi melanin yang berperan dalam menghitamkan rambut, serta mengurangi kerontokan rambut melalui mekanisme antiinflamasi dan antioksidan (Carvalho *et al.*, 2024). Selain itu, apigenin dalam seledri memiliki peran penting dalam meningkatkan sirkulasi darah di kulit kepala dan mengurangi stress oksidatif pada folikel rambut, sehingga mendukung pertumbuhan rambut yang lebih optimal (Widyaningsih and Danari, 2024). Kandungan antioksidan pada seledri membantu merangsang folikel rambut agar lebih aktif dalam proses pertumbuhan rambut baru. Oleh karena itu, penggunaan seledri dalam bentuk minyak rambut, *hair tonic*, atau masker rambut sering dijadikan alternatif alami dalam perawatan rambut untuk meningkatkan ketebalan dan kesehatan rambut secara keseluruhan (Zebua *et al.*, 2024).

2.2 Minyak Atsiri Seledri

Minyak atsiri yang berasal dari seledri (*Apium graveolens* L.) diperoleh melalui ekstraksi berbagai bagian tanaman seperti biji, daun, dan batang. Secara umum, minyak atsiri seledri berwarna kekuningan hingga kehijauan

dengan aroma segar, tajam, dan sedikit pedas yang khas (Al-snafi, 2017). Komponen utama minyak atsiri seledri meliputi senyawa lemak dan senyawa volatil seperti limonene, selinene, sedanene, apiol, sedanolide, serta berbagai monoterpene dan seskuiterpen yang berperan penting dalam aktivitas biologis yang dihasilkan, termasuk sifat antimikroba terhadap berbagai patogen, sifat antiinflamasi yang membantu mengurangi peradangan kulit, aktivitas antioksidan yang melindungi sel kulit dari kerusakan oksidatif, serta kemampuan meningkatkan sirkulasi darah yang mendukung kesehatan kulit dan merangsang pertumbuhan rambut secara alami (Önder *et al.*, 2024). Selain itu, minyak atsiri seledri juga mengandung senyawa fenolik, flavonoid, dan terpenoid yang memperkuat efek farmakologisnya, sehingga minyak ini banyak dimanfaatkan dalam aromaterapi, kosmetik, dan pengobatan tradisional untuk mengatasi berbagai masalah kesehatan, mulai dari masalah kulit seperti dermatitis, eksim, dan infeksi mikroba hingga stimulasi pertumbuhan rambut, pengurangan kerontokan, serta peningkatan kualitas dan ketebalan rambut (Airlangga, 2017).

Minyak atsiri seledri bekerja melalui beberapa mekanisme yang bersifat sinergis. Aktivitas antioksidan minyak atsiri seledri membantu melindungi sel kulit kepala dari kerusakan akibat radikal bebas, sedangkan sifat antiinflamasi berperan dalam menekan peradangan yang kerap memperlambat pertumbuhan rambut (Jayakodi *et al.*, 2024). Minyak atsiri seledri memiliki potensi dalam meningkatkan sirkulasi darah pada kulit kepala melalui mekanisme vasodilatasi, yaitu pelebaran pembuluh darah yang memungkinkan aliran oksigen serta nutrisi menuju folikel rambut menjadi lebih optimal (Carvalho *et al.*, 2024). Peningkatan suplai nutrisi dan oksigen ini mendorong rambut untuk memasuki ke dalam fase anagen, yaitu fase aktif pertumbuhan rambut, maka rambut akan tumbuh lebih cepat, lebih kuat, serta terlihat lebih tebal dan sehat (Kato *et al.*, 2020).

2.3 Rambut

2.3.1 Definisi Rambut

Rambut merupakan struktur filamen yang terbentuk dari protein keratin dan berasal dari folikel yang tertanam di lapisan dermis kulit (*Hamida et al., 2025*). Keberadaan rambut tidak hanya berkaitan dengan aspek estetika yang berperan dalam menunjang penampilan, tetapi juga memiliki fungsi biologis yang signifikan, seperti melindungi kulit kepala dari paparan sinar matahari yang berpotensi merusak jaringan kulit, membantu menjaga kestabilan suhu tubuh, serta berperan sebagai reseptor sensorik terhadap rangsangan mekanis dari lingkungan (*Lasisi et al., 2023*). Rambut yang sehat, kuat, dan lebat sering dipandang sebagai indikator kondisi fisiologis tubuh yang baik sekaligus elemen penting dalam menunjang penampilan. Rambut yang sehat umumnya ditandai dengan kondisi yang bersih, memiliki kilau alami, bertekstur lembut, tidak mengalami percabangan pada bagian ujungnya, serta tidak mudah patah ataupun mengalami kerontokan (*Gavazzoni, 2016*).

Kualitas serta kesehatan rambut dapat mengalami penurunan akibat pengaruh berbagai faktor intrinsik maupun ekstrinsik. Kekurangan zat gizi esensial, khususnya vitamin D dan zat besi yang berperan dalam regenerasi sel serta siklus pertumbuhan rambut, telah dikaitkan dengan peningkatan risiko kerontokan serta hambatan pertumbuhan folikel (*Between et al., 2024*). Selain itu, paparan radiasi ultraviolet, polutan lingkungan, dan penggunaan bahan kimia agresif terbukti merusak lapisan kutikula, meningkatkan porositas batang rambut, serta menyebabkan hilangnya protein keratin yang berakibat pada tekstur rambut yang kusam, kering, dan mudah patah (*Jae et al., 2024*). Faktor mekanis seperti kebiasaan menggunakan alat penata rambut bersuhu tinggi maupun ikatan rambut yang terlalu kencang juga dapat memperburuk kerusakan struktural rambut dan mengurangi kekuatan dan kesehatan rambut (*Gasparin et al., 2025*).

2.3.2 Anatomi Rambut

2.3.2.1 Akar Rambut

Akar rambut adalah bagian rambut yang tertanam di dalam kulit, berada di dalam folikel rambut. Fungsi utama akar rambut adalah mendukung pertumbuhan rambut melalui aktivitas sel-sel matriks yang terus membelah (Welle and Wiener, 2016). Struktur akar rambut terdiri dari beberapa bagian, diantaranya:

a. Folikel Rambut

Folikel rambut merupakan organ kulit berbentuk tabung berukuran kecil yang menjadi tempat tumbuhnya rambut. Selain menghasilkan batang rambut, folikel juga menjalani siklus pertumbuhan rambut secara berulang, yang meliputi fase anagen (pertumbuhan), katagen (regresi), dan telogen (istirahat), yang diatur oleh interaksi kompleks antar sel epitel (Grymowicz *et al.*, 2020).

b. Bulbus Rambut

Bulbus rambut merupakan bagian bawah dari folikel rambut yang berperan sebagai pusat utama pertumbuhan rambut (Houschyar *et al.*, 2020). Bulbus rambut berisi papilla pili yang kaya akan pembuluh darah dan sel-sel germinal yang terus mengalami pembelahan untuk membentuk batang rambut sebelum selanjutnya muncul ke permukaan kulit (Zhang *et al.*, 2024). Selain itu, sel-sel yang mengelilingi bulbus juga memiliki fungsi penting dalam proses pembentukan regenerasi rambut (Kalangi, 2019).

c. Papila Dermal

Papilla dermal merupakan struktur yang berada di bagian dasar folikel, tepatnya di bulbus rambut (Zhang *et al.*, 2024). Papilla dermal berfungsi sebagai pusat pengendali pertumbuhan dan perkembangan rambut melalui interaksi dengan sel-sel folikel. Di dalamnya terdapat pembuluh darah yang menyalurkan nutrisi serta molekul sinyal penting untuk mendukung fase anagen (Li *et al.*, 2019). Selain itu, papilla dermal juga berperan dalam regenerasi folikel dan pengaturan siklus pertumbuhan rambut secara keseluruhan (Lim, 2019).

d. Matriks Rambut

Matriks rambut merupakan sekumpulan sel yang aktif mengalami pembelahan, terletak di bagian dasar folikel rambut dan mengelilingi papilla dermal, serta berperan dalam membentuk batang rambut serta lapisan luar folikel (Chu *et al.*, 2025). Matriks tersusun atas keratinosit yang kemudian berdiferensiasi menjadi medulla, korteks, dan kutikula rambut (Mesler *et al.*, 2017).

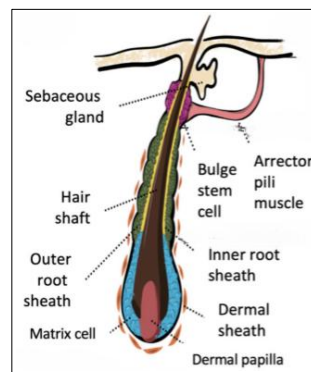
e. Inner dan Outer Root Sheath

Inner Root Sheath (IRS) merupakan lapisan folikel rambut yang terletak diantara batang rambut dan *Outer Root Sheath* (ORS). Lapisan IRS berfungsi sebagai saluran yang mengarahkan pertumbuhan batang rambut menuju permukaan kulit, sekaligus memberikan perlindungan dan penopang mekanis selama proses pertumbuhan. Selain itu, IRS berperan dalam keratinisasi yang mendukung terbentuknya struktur rambut yang kokoh dan teratur (Chu *et al.*, 2025). *Outer Root Sheath* (ORS) adalah lapisan terluar folikel rambut yang

membungkus IRS dan batang rambut. ORS tersusun dari sel-sel epitel yang aktif membelah dan berperan sebagai tempat cadangan sel punca yang berfungsi dalam mengatur regenerasi dan melindungi folikel rambut (Li *et al.*, 2021).

f. Kelenjar Sebaceous dan Otot Arrector Pili

Kelenjar sebaceous adalah kelenjar kecil pada kulit yang umumnya terhubung dengan folikel rambut dan menghasilkan sebum, yaitu minyak alami yang berfungsi untuk melembapkan kulit, melindungi rambut, serta mencegah pertumbuhan mikroba (Weir and St.Hilaire, 2025). Proses keluarnya sebum dibantu oleh arrector pili, yaitu otot kecil yang menempel pada folikel rambut dan dermis. Saat otot arrector pili berkontraksi, rambut akan berdiri (merinding) dan pada saat yang sama akan mendorong sebum keluar menuju permukaan kulit (Ezure *et al.*, 2025).



Gambar 2.2 Struktur Akar Rambut (Duran *et al.*, 2024)

2.3.2.1 Batang Rambut

Batang rambut tersusun atas sel-sel yang membentuk tiga lapisan konsentris utama, yaitu medula, korteks, dan kutikula (Welle, 2023).

a. Medula

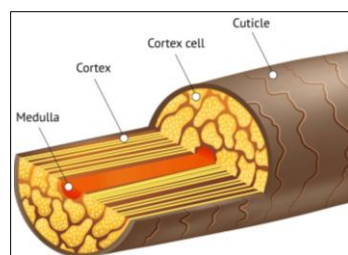
Medula merupakan lapisan terdalam pada batang rambut yang umumnya ditemukan pada rambut terminal (rambut yang lebih tebal), sementara pada rambut halus terkadang tidak dijumpai. Lapisan medula terdiri dari sel-sel keratin dengan pola semi-teratur dan berisi ruang-ruang udara yang memberikan kesan bertekstur menyerupai spons (Painter *et al.*, 2017). Rambut yang mengandung medula berpori cenderung tampak lebih kusam, pucat, dan kurang berkilau akibat hamburan cahaya pada rongga udara di dalamnya (Nagase, 2019).

b. Korteks

Korteks merupakan lapisan tengah pada batang rambut dan merupakan bagian terbesar yang menyusun hampir 90% dari total berat rambut, sehingga perannya sangat dominan dalam menentukan karakteristik maupun fungsional rambut (Fernandes and Medronho, 2023). Lapisan korteks tersusun dari sel-sel panjang yang berisi alpha-keratin, yaitu protein utama penyusun rambut yang berbentuk spiral (heliks) yang saling terpilin dan diperkuat oleh ikatan disulfida, sehingga rambut menjadi kuat, lentur, dan tidak mudah rusak (Yang *et al.*, 2016). Selain itu, korteks juga merupakan tempat utama penyimpanan pigmen melanin, baik eumelanin yang menghasilkan warna rambut gelap, maupun pheomelanin yang menghasilkan warna lebih terang atau kemerahan (Roldan-Kalil *et al.*, 2023). Korteks tidak hanya penting untuk aspek estetika, tetapi juga untuk fungsi biologis, sebab struktur protein dan pigmen yang ada dalam korteks sangat berperan dalam perlindungan rambut dari faktor lingkungan, seperti radiasi sinar ultraviolet dan paparan oksidan (Menichetti *et al.*, 2024).

c. Kutikula

Kutikula merupakan lapisan terluar batang rambut yang tersusun atas sel-sel pipih menyerupai sisik ikan yang saling bertumpuk rapat dan berjumlah antara 6-10 lapisan. Kutikula berperan sebagai *barrier* pelindung terhadap kerusakan mekanis, kimia, maupun faktor lingkungan, sekaligus menjaga integritas lapisan korteks dan medulla yang berada di dalamnya (Song *et al.*, 2023). Kondisi kutikula memiliki pengaruh besar terhadap kualitas rambut, ketika kutikula tertutup dengan baik, rambut akan tampak lebih halus, berkilau, dan kuat, sedangkan kutikula yang terangkat atau rusak akibat paparan panas, bahan kimia agresif, radiasi ultraviolet, maupun gesekan dapat menyebabkan rambut menjadi kering, kusam, rapuh, dan bercabang (Kwon *et al.*, 2024). Selain sebagai pelindung, kutikula juga memiliki fungsi penting dalam mengatur permeabilitas batang rambut, yaitu mengendalikan proses penyerapan air, zat kimia, maupun bahan aktif dari produk perawatan rambut (Cloete *et al.*, 2019). Kerusakan pada kutikula dapat menurunkan ketahanan mekanis rambut, membuat korteks lebih mudah terpapar kerusakan, serta memengaruhi respons rambut terhadap perlakuan kosmetik seperti perwarnaan, pelurusan, maupun aplikasi produk perawatan (Wortmann *et al.*, 2016).



Gambar 2.3 Struktur Batang Rambut (Wołoszyn *et al.*, 2024)

2.3.3 Fase Pertumbuhan Rambut

2.3.3.1 Fase Anagen

Fase anagen merupakan tahap utama dan terpanjang dalam siklus pertumbuhan rambut, dimana aktivitas proliferasi sel berlangsung sangat intensif, khususnya pada sel-sel matriks yang berada di bagian dasar folikel, sel ini terus membelah secara cepat untuk membentuk batang rambut beserta struktur pendukungnya, sementara papilla dermal yang terletak di bagian bulb folikel berperan sebagai pusat pengatur yang memberi suplai nutrisi dan sinyal untuk menunjang proses tersebut (Pappalardo *et al.*, 2025). Pada fase ini, folikel rambut memanjang jauh ke dalam dermis hingga mendekati jaringan subkutan, dengan aktivitas metabolisme yang tinggi untuk mendukung pembentukan keratin yang menyusun batang rambut (Lin *et al.*, 2022). Lama fase anagen bervariasi antar individu, sangat dipengaruhi faktor genetik, usia, hormon, status gizi, serta kondisi kesehatan umum. Pada rambut kepala biasanya berlangsung sekitar 2-6 tahun, sehingga sebagian besar rambut kepala (80-90%) sedang berada pada fase ini dengan laju pertumbuhan rata-rata sekitar 1-1,5 cm per bulan (Natarelli *et al.*, 2023). Selain itu, fase anagen juga menjadi indikator kesehatan folikel yang disebabkan oleh gangguan hormonal, defisiensi nutrisi, stress oksidatif, maupun efek obat-obatan tertentu dapat mempersingkat fase anagen dan mempercepat transisi ke fase katagen, sehingga pertumbuhan rambut menjadi terganggu (Guo and Katta, 2017).

2.3.3.2 Fase Katagen

Fase katagen merupakan masa transisi singkat dalam siklus rambut yang biasanya berlangsung sekitar 1-3 minggu, ditandai dengan berhentinya aktivitas pertumbuhan folikel (Grymowicz *et*

al., 2020). Pada fase katagen, sel-sel matriks yang sebelumnya aktif membelah mulai mengalami penghentian, sedangkan bulb rambut mengalami proses apoptosis sehingga ukuran folikel menyusut dan hubungan antara bulb dengan papilla dermal terputus (Natarelli *et al.*, 2023). Meski durasinya relatif singkat, fase katagen sangat penting karena menentukan keberlanjutan siklus rambut sehingga gangguan pada durasi atau mekanisme fase katagen dapat berdampak pada kepadatan dan kesehatan rambut (Jimenez and Alam, 2024).

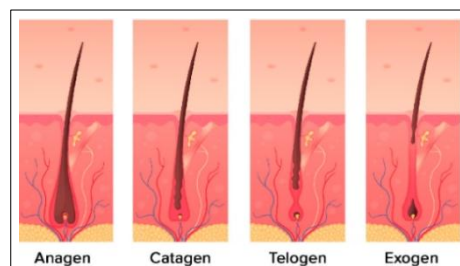
2.3.3.3 Fase Telogen

Fase telogen merupakan periode istirahat dalam siklus folikel rambut ketika aktivitas proliferasi sel berhenti, sehingga rambut tidak lagi mengalami pertumbuhan panjang, tetapi tetap bertahan dalam folikel sebagai *club hair* hingga akhirnya lepas pada fase eksogen (Grymowicz *et al.*, 2020). Durasi fase ini relatif singkat, yakni sekitar 2-3 bulan, dengan proporsi normal sekitar 5-10% (N. Zhang *et al.*, 2024). Meskipun secara morfologis tampak dorman, folikel rambut pada fase telogen sebenarnya berada dalam keadaan “siaga”, di mana sel punca folikel tetap dipertahankan dalam keadaan *quiescent* (diam/tidak membelah), namun tidak kehilangan fungsinya. Keadaan *quiescent* ini penting untuk mencegah kelelahan sel punca akibat pembelahan terus-menerus, sehingga stok sel punca tetap tersedia untuk siklus pertumbuhan rambut berikutnya (Chen *et al.*, 2020). Proporsi rambut dalam fase telogen dapat meningkat secara signifikan akibat faktor stress fisik maupun psikologis, ketidakseimbangan hormonal, defisiensi nutrisi, penyakit sistemik, maupun infeksi. Kondisi ini dikenal sebagai telogen effluvium, yaitu rambut rontok yang terjadi akibat banyaknya folikel yang berpindah dari

fase anagen ke fase telogen dalam waktu singkat (Karakoyun, 2025).

2.3.3.4 Fase Eksogen

Fase eksogen merupakan fase aktif ketika batang rambut (*club hair*) yang sudah berada dalam fase telogen akhirnya dilepaskan dari folikel rambut, proses pelepasan ini tidak bersifat pasif melainkan dikendalikan oleh mekanisme biologis yang melibatkan pelemahan ikatan antara *club hair* dengan lapisan folikel rambut, sehingga rambut dapat terlepas secara alami (Yin *et al.*, 2021). Rambut yang memasuki fase eksogen mengalami perubahan khas pada bagian akar, di mana ujung *club hair* tidak lagi tampak bulat penuh, melainkan sering tampak mengecil dan berlekuk (*scalloped pattern*). Pada tahap pelepasan yang belum sempurna, sisa-sisa dari ORS masih dapat menempel di sekitar batang rambut (Du *et al.*, 2024). Pada individu sehat, fase eksogen berlangsung stabil sehingga jumlah rambut yang rontok berkisar 50-100 helai per hari masih dianggap normal, sedangkan pada kondisi patologis seperti *telogen effluvium* atau alopecia, peningkatan jumlah rambut yang masuk ke fase telogen akan diikuti dengan kerontokan serentak pada fase eksogen (Natarelli *et al.*, 2023).



Gambar 2.4 Fase Pertumbuhan Rambut (Grymowicz *et al.*, 2020)

2.3.4 Jenis-Jenis Rambut

2.3.4.1 Rambut Lurus (*Straight Hair*/Tipe 1)

Rambut lurus merupakan salah satu tipe rambut yang memiliki penampang (folikel) melintang hampir bulat sehingga distribusi sel relatif simetris, bentuk batang rambut yang lurus memungkinkan sebum yang diproduksi oleh kelenjar sebacea mengalir dengan mudah ke sepanjang helai rambut, sehingga rambut lurus cenderung tampak lebih berkilau tetapi juga lebih cepat berminyak dibandingkan dengan tipe rambut lainnya (Daniels *et al.*, 2023). Rambut lurus memiliki komposisi dan persebaran keratin yang berbeda dari rambut keriting, sehingga strukturnya turut berperan dalam membentuk karakteristik fisik rambut (Maes *et al.*, 2021). Rambut lurus umumnya memiliki diameter lebih besar, distribusi pigmen yang merata, dan respon yang berbeda terhadap paparan produk perawatan rambut jika dibandingkan dengan jenis rambut keriting atau afro (Uyama, 2024).

2.3.4.2 Rambut Bergelombang (*Wavy Hair*/Tipe 2)

Rambut bergelombang merupakan tipe rambut dengan bentuk batang yang sedikit oval dan pertumbuhan folikel rambut yang miring, sehingga helai rambut tidak tumbuh lurus sempurna, melainkan membentuk pola melengkung atau gelombang yang lembut (Matamá *et al.*, 2024). Struktur batang rambut ini menyebabkan distribusi sebum tidak merata, sehingga rambut bergelombang sering kali memiliki kombinasi area yang tampak lebih berminyak di dekat kulit kepala, sementara bagian ujung cenderung lebih kering (Daniels *et al.*, 2023). Rambut bergelombang memiliki tingkat gesekan yang lebih tinggi dibanding rambut lurus, tetapi lebih rendah dibanding rambut

keriting, hal ini terjadi karena kutikula pada batang rambut bergelombang cenderung lebih terbuka akibat adanya lekukan, sehingga helai rambut lebih mudah saling terkait dan menyebabkan terjadinya kusut (Konno *et al.*, 2024).

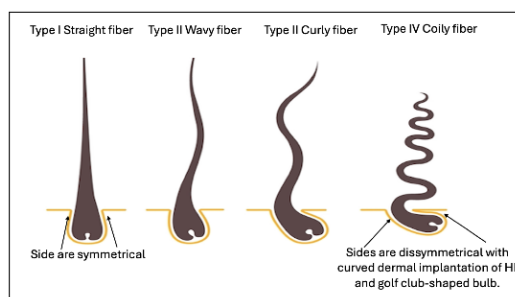
2.3.4.3 Rambut Keriting (*Curly Hair*/Tipe 3)

Rambut keriting ditandai dengan bentuk batang rambut yang sangat oval atau bahkan pipih, serta arah folikel rambut yang tumbuh melengkung ke permukaan kulit sehingga helai rambut membentuk pola spiral atau ikal yang lebih rapat (Berg *et al.*, 2025). Struktur ini menyebabkan distribusi sebum dari kulit kepala ke ujung rambut tidak merata, sehingga rambut keriting cenderung lebih kering, rapuh, dan sulit diatur (Maes *et al.*, 2021). Rambut keriting memiliki tingkat elastisitas yang lebih rendah dengan kecenderungan lebih tinggi untuk mengalami kerusakan mekanis akibat gesekan atau tarikan. Bentuk spiral yang berulang menghasilkan titik-titik kelemahan pada helai rambut, sehingga batang rambut keriting lebih rentan patah, selain itu bentuk spiral yang berulang juga menghasilkan gaya gesekan yang lebih tinggi karena pola yang melingkar meningkatkan kontak antar helai, sehingga menjadikannya lebih mudah kusut dan membutuhkan teknik perawatan khusus untuk menjaga kesehatan dan kekuatan kutikula (Konno *et al.*, 2024).

2.3.4.4 Rambut Sangat Keriting (*Coily/Afro-Textured*/Tipe 4)

Rambut afro ditandai dengan bentuk helai yang sangat melingkar dan rapat, menyerupai spiral atau zig-zag dengan derajat kelengkungan yang paling tinggi. Karakteristik ini dihasilkan dari folikel rambut yang berbentuk sangat melengkung dan asimetris, sehingga batang rambut tumbuh dalam pola tidak beraturan. Bentuk tersebut membuat rambut afro lebih tebal secara visual,

namun cenderung lebih rapuh dan rentan patah akibat titik-titik tegangan di sepanjang lengkungan helai rambut (Victória *et al.*, 2016). Rambut afro memiliki resistensi mekanis yang lebih rendah, karena setiap setiap lengkungan pada helai menjadi titik lemah yang mudah mengalami kerusakan akibat gaya tarik, panas, atau aktivitas bahan kimia (Bloch *et al.*, 2019). Selain itu, distribusi sebum dari kulit kepala ke sepanjang batang rambut sangat terbatas, sehingga rambut afro cenderung lebih kering dan membutuhkan kelembapan tambahan (Oladele *et al.*, 2024). Pola spiral rapat pada rambut afro dapat meningkatkan gesekan antar helai, sehingga rambut afro lebih mudah kusut dan sulit diatur (Konno *et al.*, 2024).



Gambar 2.5 Bentuk Folikel Rambut (Jasim, 2024)

2.3.5 Masalah pada Rambut

2.3.5.1 Androgenetic Alopecia

Androgenetic alopecia (AGA) merupakan jenis kerontokan rambut yang paling umum dialami oleh pria maupun wanita. Kondisi ini ditandai dengan rambut yang semula tebal dan panjang berubah menjadi rambut tipis dan pendek secara bertahap, sehingga lama-kelamaan akan menjadi kebotakan (Ntshingila *et al.*, 2023). AGA cukup sering ditemukan, dengan prevalensi sekitar 30% pria mulai mengalaminya pada usia 30

tahun, kemudian meningkat hingga mencapai sekitar 50% pada usia 50 tahun, sementara pada wanita hampir 40% terjadi ketika memasuki masa pascamenopause (Salman and Kucukunal, 2017). AGA dipengaruhi oleh kombinasi gen dan hormon, terutama hormon dihidrotestosteron (DHT) yang bekerja pada sel-sel folikel rambut, DHT membuat folikel rambut semakin kecil, sehingga rambut baru yang tumbuh menjadi lebih tipis (Sa *et al.*, 2024).

2.3.5.2 Anagen Effluvium

Anagen effluvium merupakan jenis kerontokan rambut yang terjadi secara tiba-tiba saat rambut berada dalam fase pertumbuhan aktif (anagen) akibat gangguan pada pembelahan sel folikel rambut atau metabolisme folikel rambut (Contin *et al.*, 2021). Kondisi ini ditandai dengan kerontokan rambut yang cepat dan luas, biasanya muncul setelah 7-14 hari pasca terpapar oleh pemicu (Campbell *et al.*, 2016). Meski rambut akan tumbuh kembali setelah mengatasi penyebab, proses pemulihan dapat memakan waktu berbulan-bulan hingga bertahun-tahun, dan dalam beberapa kasus, penipisan rambut mungkin tetap ada tanpa pemulihan sepenuhnya (Krefft-Trzcieniecka *et al.*, 2024).

2.3.5.3 Telogen Effluvium

Telogen effluvium (TE) merupakan kondisi kerontokan rambut sementara yang terjadi ketika banyak rambut yang secara bersamaan memasuki fase istirahat atau telogen, biasanya sebagai respons terhadap stress fisik, emosional, perubahan hormon, atau efek samping obat tertentu (Asghar *et al.*, 2020). Pada kondisi normal, Sebagian besar rambut berada dalam fase pertumbuhan aktif (anagen), dan hanya sebagian kecil yang berada dalam fase telogen, tetapi pada TE, jumlah rambut yang memasuki fase

telogen meningkat sehingga menyebabkan rambut rontok lebih banyak dari biasanya (Rebora, 2019). TE bisa muncul tiba-tiba dan berlangsung selama kurang dari 6 bulan (akut), atau bisa berlangsung lebih lama dan sering kambuh (kronis). Namun secara keseluruhan, TE biasanya bersifat sementara dan rambut dapat pulih kembali jika diberi penanganan yang tepat (Yorulmaz *et al.*, 2022).

2.3.5.4 Trichorrhesis Nodosa

Trichorrhesis nodosa (TN) adalah kelainan pada batang rambut yang ditandai dengan adanya benjolan atau nodul di sepanjang batang rambut, yang menyebabkan rambut mudah patah dan rapuh (S *et al.*, 2024). TN biasanya disebabkan oleh trauma fisik atau kimiawi pada rambut seperti penggunaan alat pemanas rambut, pewarnaan, pengeritingan, atau perawatan kimia lainnya dapat menyebabkan kerusakan pada kutikula rambut, yang mengarah pada pembentukan nodul dan rambut yang mudah patah (Burkhart, 2025).

2.3.5.5 Rambut Kering

Rambut kering merupakan kondisi umum yang ditandai dengan rambut yang tampak kusam, rapuh, mudah patah, dan kehilangan elastisitasnya (Essendoubi *et al.*, 2022). Penyebab utama rambut kering meliputi penggunaan alat pemanas rambut yang berlebihan, paparan sinar matahari langsung, penggunaan produk perawatan rambut yang mengandung bahan kimia keras, dan kebiasaan mencuci rambut terlalu sering (Gasparin *et al.*, 2025). Faktor-faktor ini dapat merusak kutikula rambut sebagai lapisan pelindung alami, sehingga kehilangan kelembapan dan menyebabkan kerusakan pada batang rambut (Fernandes and Medronho, 2023).

2.3.5.6 Rambut Berminyak

Rambut berminyak merupakan kondisi umum yang ditandai dengan produksi sebum berlebih oleh kelenjar sebacea di kulit kepala, yang menyebabkan rambut tampak lepek, berkilau berlebihan, dan mudah kotor (Liu *et al.*, 2024). Sebum berfungsi untuk melindungi dan melembapkan rambut, namun produksi yang berlebihan dapat menyebabkan berbagai masalah pada rambut dan kulit kepala (Borda and Wikramanayake, 2016). Penyebab utama rambut berminyak meliputi faktor genetik, perubahan hormon, kebiasaan perawatan rambut tidak tepat, dan kondisi medis tertentu. Dampak dari rambut berminyak antara lain penumpukan minyak yang dapat menyumbat folikel rambut, menyebabkan ketombe, gatal, hingga infeksi pada kulit kepala. Jika tidak ditangani dengan tepat, kondisi ini dapat menyebabkan rambut rontok atau penipisan rambut (Punyani *et al.*, 2021).

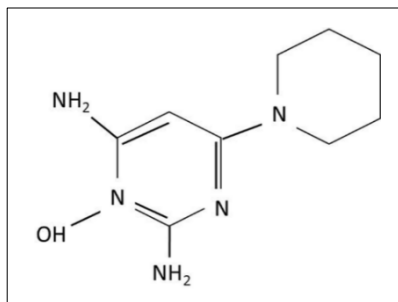
2.4 Minoxidil

Minoxidil merupakan stimulan pertumbuhan rambut yang saat ini dianggap sebagai standar utama dalam terapi kerontokan rambut pada pria maupun wanita (Asilian *et al.*, 2024). Minoxidil pertama kali disintesis pada tahun 1970, kemudian pada tahun 1988 minoxidil topikal disetujui sebagai lini pertama terapi androgenetic alopecia (AGA) (Nestor *et al.*, 2021). Mulanya, senyawa ini dikembangkan sebagai obat antihipertensi oral, namun kemudian ditemukan efek samping yang khas akibat dari mengonsumsi obat ini, yaitu berupa peningkatan pertumbuhan rambut di kulit kepala (Ibraheim *et al.*, 2023). Mekanisme kerja minoxidil belum diketahui secara pasti, namun meliputi vasodilatasi pembuluh darah di kulit kepala, peningkatan perfusi folikel rambut, serta pelepasan faktor pertumbuhan vaskular endotel (VEGF) yang pada akhirnya memperpanjang fase anagen pada siklus rambut, sehingga secara keseluruhan membantu menghambat miniaturisasi folikel dan

mendorong pertumbuhan rambut baru dengan kualitas dan ketebalan yang lebih baik pada akhirnya memperpanjang fase anagen pada siklus rambut (Yum *et al.*, 2018).

Meskipun penggunaan minoxidil topikal secara umum dinilai relatif aman dan banyak diterima oleh pasien, dalam sejumlah kasus tetap ditemukan adanya efek samping setelah pemakaian (Suchonwanit *et al.*, 2019). Efek samping yang paling sering dilaporkan adalah dermatitis kontak iritan, yang ditandai dengan gejala khas berupa kulit kepala terasa gatal, kemerahan, dan pengelupasan atau bersisik sebagai akibat reaksi terhadap bahan aktif maupun zat pelarut seperti propilen glikol (Kiratiwongwan *et al.*, 2025). Pada penggunaan dengan frekuensi berlebihan dapat menyebabkan efek samping berupa hipertrikosis, yaitu pertumbuhan rambut berlebihan dan tidak diinginkan pada area tubuh lain yang tidak menjadi target terapi (Majzoub and Moris, 2025). Efek samping lainnya termasuk sakit kepala berdenyut, pruritus pada mata, serta munculnya ruam kulit, yang meskipun jarang terjadi, tetap perlu diwaspadai (Junge *et al.*, 2025).

Minoxidil memiliki sejumlah batasan yang membuat obat ini tidak boleh digunakan pada kondisi tertentu. Penggunaan minoxidil dihindari pada orang dengan hipersensitivitas terhadap minoxidil atau bahan tambahan didalamnya, misalnya propilen glikol (Foti, 2017). Penggunaannya juga tidak dianjurkan pada kulit kepala yang sedang mengalami luka, peradangan, iritasi, atau infeksi, karena dapat memperparah kerusakan kulit dan meningkatkan risiko penyerapan sistemik (Suchonwanit *et al.*, 2019). Selain itu, pemberian minoxidil tidak disarankan pada anak-anak di bawah usia 18 tahun maupun pada pasien dengan kerontokan rambut yang sifatnya mendadak, tidak merata, atau tanpa penyebab yang jelas (Lemes *et al.*, 2020). Pada ibu hamil dan menyusui, penggunaan minoxidil memerlukan perhatian khusus, terutama pada ibu yang menyusui bayi prematur dan neonatus, karena berpotensi penyerapan sistemik melalui air susu ibu (ASI) (Trüeb and Caballero-Urbe, 2022).



Gambar 2.6 Struktur Kimia Minoxidil (Suchonwanit *et al.*, 2019)

2.5 Parafin Cair

Parafin cair merupakan salah satu bahan yang sering digunakan sebagai medium pembawa pada sediaan topikal. Parafin cair bersifat non-polar, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak mudah bereaksi dengan bahan aktif lainnya. Sifat tersebut membuat parafin cair tidak mudah teroksidasi dan mampu menjaga kestabilan dan mutu sediaan (Ouyang *et al.*, 2018). Selain berfungsi sebagai pembawa, parafin cair juga memiliki efek emolien, yaitu membantu melembutkan kulit dan menjaga kelembapan dengan membentuk lapisan pelindung tipis di permukaan kulit. Lapisan ini mengurangi penguapan air dari kulit, sehingga kulit terasa lebih halus dan lembap (Kasmayuga *et al.*, 2024). Pencampuran minyak atsiri seledri dengan parafin cair memungkinkan untuk mempertahankan stabilitas dan homogenitas campuran, serta mengatur pelepasan minyak atsiri ke kulit agar tidak terlalu cepat menguap. Penggunaan parafin cair juga dapat meningkatkan kenyamanan karena teksturnya yang lembut dan mudah diaplikasikan (Najib *et al.*, 2021).

2.6 Metode Penyulingan Minyak Atsiri

Untuk mendapatkan minyak atsiri dilakukan proses destilasi atau penyulingan. Penyulingan merupakan metode untuk memperoleh minyak atsiri dengan cara memanaskan bahan baku di dalam ketel hingga menghasilkan uap jenuh, kemudian uap tersebut didinginkan kembali sehingga menghasilkan kondensat (Pinangkaan, 2021). Prinsip kerja destilasi didasarkan pada pemisahan campuran yang terdiri dari dua atau lebih cairan dengan memanfaatkan

perbedaan titik didih atau tekanan uap dari masing-masing komponen (Putri *et al.*, 2021). Proses penyulingan minyak atsiri tergolong sederhana karena hanya memerlukan uap dalam jumlah tertentu, dan hingga kini masih menjadi metode yang banyak digunakan dalam industri minyak atsiri (Machado *et al.*, 2022).

2.6.1 Destilasi Sederhana (Perebusan)

Destilasi sederhana merupakan teknik pemisahan yang digunakan untuk mengekstraksi minyak atsiri dari berbagai jenis bahan nabati, di mana bahan baku ditempatkan dalam wadah berisi air mendidih atau pelarut yang sesuai, sehingga terjadi kontak langsung antara bahan dan medium pemanas (Putri *et al.*, 2021). Pada teknik ini, air atau pelarut dipanaskan secara langsung hingga mencapai titik didihnya, sehingga proses ini juga dikenal sebagai metode perebusan. Selama proses perebusan, komponen minyak atsiri akan ikut menguap bersama uap pelarut, kemudian uap hasil campuran dikondensasi dan dipisahkan untuk mendapatkan minyak murni (Rafi *et al.*, 2023). Metode ini relatif sederhana, tidak membutuhkan peralatan kompleks, serta telah banyak digunakan dalam industri minyak atsiri skala kecil hingga menengah.



Gambar 2.7 Alat Destilasi Sederhana

2.6.2 Destilasi Uap (*Steam distillation*)

Destilasi uap merupakan metode pemisahan campuran yang dilakukan pada suhu lebih rendah dari titik didih normal komponennya (Chi and Mak, 2023). Pada teknik ini, proses pemisahan dapat berlangsung tanpa merusak senyawa yang dipisahkan. Terdapat dua cara melakukan destilasi uap, pertama dengan mengalirkan uap secara terus-menerus ke dalam campuran, kedua dengan memanaskan senyawa bersama pelarutnya (Ma'sum and Proborini, 2016). Pada prinsip destilasi uap, suhu penguapan komponen dapat diturunkan karena adanya penguapan bersama uap air, sehingga lebih rendah dibanding titik didih normal masing-masing senyawa. Hal ini bertujuan untuk mencegah kerusakan senyawa akibat paparan panas berlebih (Fauzan *et al.*, 2022).



Gambar 2.8 Alat Destilasi Uap (Nugroho *et al.*, 2017)

2.6.3 Destilasi Uap-Air (*Steam-Water Distillation*)

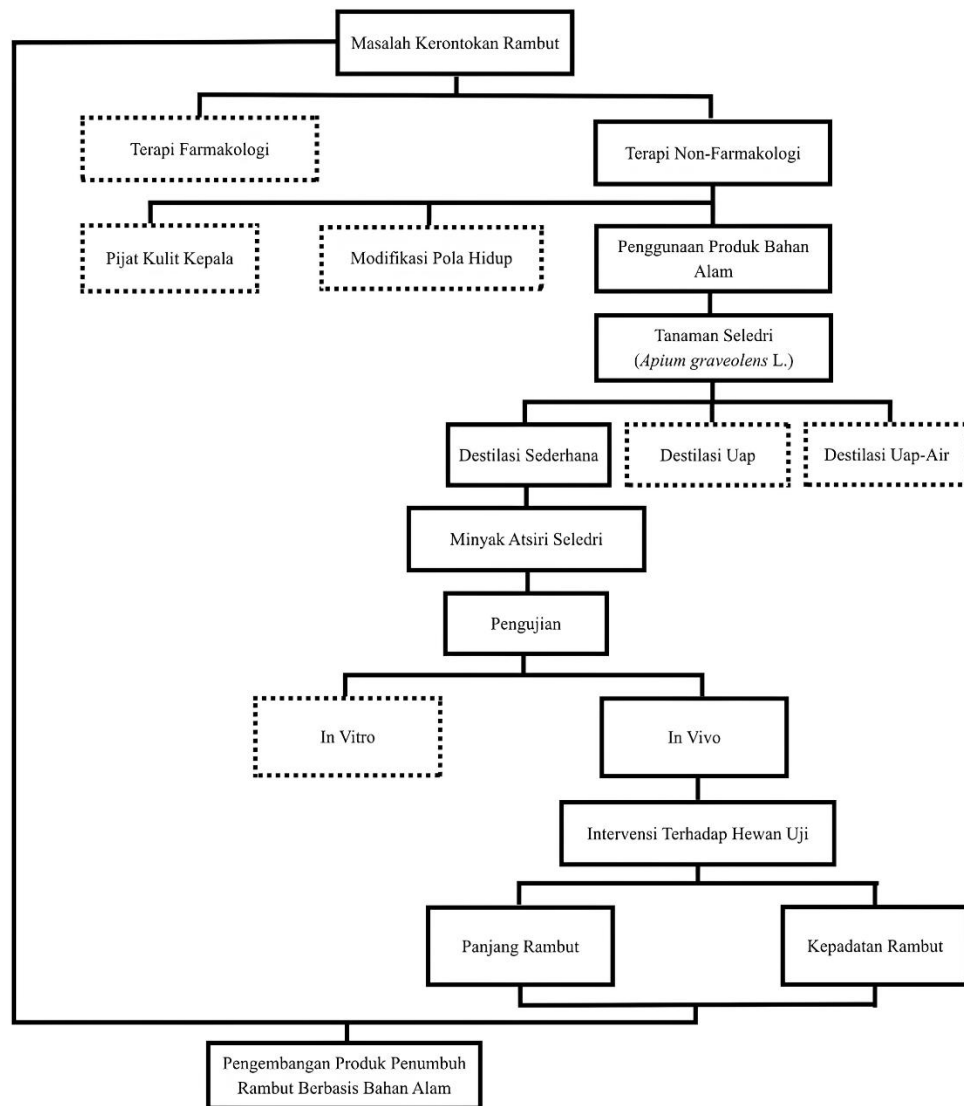
Destilasi uap dan air merupakan teknik penyulingan minyak atsiri dengan posisi sampel diletakkan pada bagian atas menggunakan penahan untuk menghindari kontak langsung dengan air atau pelarut (Rafi *et al.*, 2023). Prinsip kerja metode destilasi uap air adalah dengan pemanasan air dalam tangki destilasi hingga menghasilkan uap. Uap kemudian dialirkan melalui sampel sehingga komponen minyak atsiri akan terbawa (Machado *et al.*, 2022). Kemudian, uap didinginkan dalam kondensor,

uap akan melewati pipa spiral kondensor, sementara bagian luar pipa dialiri air pendingin dari bak penampung. Proses pendinginan akan mengubah uap menjadi kondensat berupa campuran minyak atsiri dan air (Pipatpaiboon *et al.*, 2025).



Gambar 2.9 Alat Destilasi Uap-Air (Andila *et al.*, 2020)

2.7 Kerangka Teori



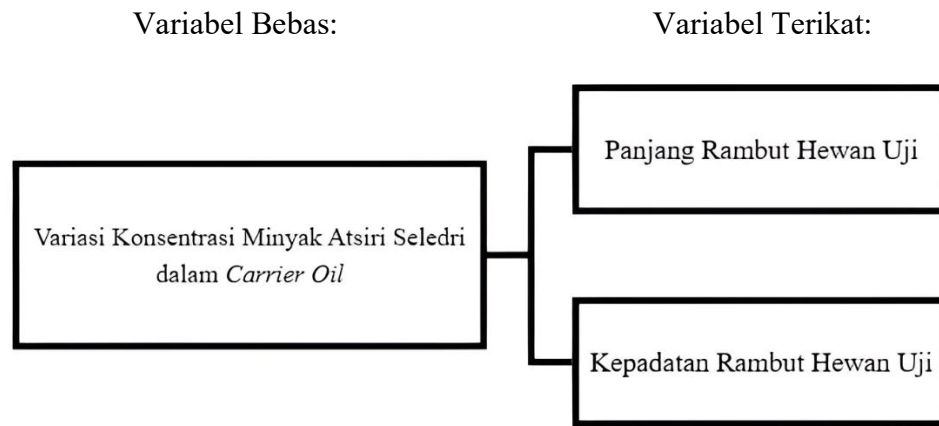
Gambar 2.10 Kerangka Teori Penelitian (Aini, 2017)

Keterangan:

: Variabel yang diteliti.

: Variabel yang tidak diteliti.

2.8 Kerangka Konsep



Gambar 2.11 Kerangka Konsep Penelitian

2.9 Hipotesis

H0: Pemberian minyak atsiri seledri (*Apium graveolens* L.) tidak berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan pertumbuhan rambut pada kelinci jantan *New Zealand White*.

H1: Pemberian minyak atsiri seledri (*Apium graveolens* L.) berpengaruh secara signifikan dalam meningkatkan pertumbuhan rambut pada kelinci jantan *New Zealand White*.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium untuk mengetahui kandungan senyawa pada minyak atsiri tanaman seledri (*Apium graveolens* L.) yang berpotensi sebagai penumbuh rambut pada kelinci jantan. Penelitian ini menggunakan tiga besaran konsentrasi, yaitu 1%, 1,5%, dan 2% minyak atsiri yang diencerkan dalam parafin cair sebagai *carrier oil*, kemudian dibandingkan aktivitasnya dengan kontrol positif berupa Minoxidil 2% dan kontrol negatif berupa parafin cair, yang diukur melalui parameter panjang (mm) dan jumlah rambut (helai/cm²).

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Botani Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung untuk melakukan determinasi tanaman, Laboratorium Analisis Kimia Fakultas Kedokteran Universitas Lampung untuk melakukan penyulingan minyak atsiri dan Rumah Kelinci Lampung untuk melakukan intervensi terhadap hewan uji.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama periode bulan Agustus 2025 hingga Desember 2025.

3.3 Alat, Bahan, dan Subjek Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat destilasi, kondensor/*chiller*, timbangan analitik, labu alas bulat, gelas beaker, corong pisah, erlenmeyer, gelas ukur, piknometer, pipet tetes, corong kaca, kaca arloji, bunsen, penyangga kaki tiga, kertas saring, aluminium foil, jangka sorong digital, sendok tanduk, vial, botol kaca gelap, pisau, gunting, toples, pinset, alat cukur, kapas, *cottonbud*, *hotplate*, korek api.

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah batang, daun, dan biji seledri (*Apium graveolens* L.) yang diperoleh dari Bandar Lampung, n-heksan, Minoxidil 2%, paraffin cair, dan spiritus.

3.3.3 Subjek Penelitian

Subjek penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah kelinci jantan galur *New Zealand White* berusia sekitar 7-9 bulan dengan bobot sekitar 2-3 kg sebanyak 3 ekor.

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah konsentrasi minyak atsiri seledri (*Apium graveolens* L.), yaitu pada konsentrasi 1%, 1,5%, dan 2%.

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah pertumbuhan rambut kelinci jantan *New Zealand White* yang diukur melalui indikator panjang dan jumlah rambut (per cm²).

3.4.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol pada penelitian ini adalah senyawa penumbuh rambut yaitu Minoxidil 2% sebagai kontrol positif dan parafin cair sebagai kontrol negatif.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Pengambilan Sampel

Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu tanaman seledri (*Apium graveolens* L.) diperoleh dari Kecamatan Tanjung Senang, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung.

3.5.2 Uji Determinasi

Uji determinasi dilakukan untuk memastikan kebenaran dan kesesuaian identitas tanaman yang digunakan. Determinasi tanaman dilakukan di Laboratorium Botani Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.

3.5.3 Penyulingan Minyak Atsiri

3.5.3.1 Preparasi Sampel

Tanaman seledri segar sebanyak 18 kg disortasi untuk memisahkan gulma, tanah, dan bagian seledri yang tidak layak

pakai, kemudian dicuci dengan air mengalir hingga bersih dan diangin-anginkan untuk menghilangkan sisa airnya. Selanjutnya daun dan seledri dirajang, dan biji seledri dihaluskan untuk memperbesar luas permukaan agar pelarut dapat menembus jaringan tanaman secara lebih efektif, sehingga perolehan senyawa minyak atsiri menjadi lebih optimal (Siswantito *et al.*, 2023).

3.5.3.2 Penyulingan Minyak Atsiri dengan Metode Destilasi

Penyulingan minyak atsiri seledri dilakukan dengan metode destilasi oleh Ekasari, (2020) yang telah dilakukan beberapa penyesuaian. Sebanyak 100 gram sampel dimasukkan ke dalam labu alas bulat lalu ditambahkan pelarut n-heksan sebanyak 500 ml dan dipasang pada alat destilasi, kemudian dinyalakan bunsen dan ditempatkan tepat dibawah labu alas bulat, sesuaikan pada suhu 69°C. Selama proses destilasi, suhu disesuaikan dengan titik didih pelarut n-heksan untuk memastikan pelarut menguap secara stabil dan menangkap senyawa volatil minyak atsiri secara optimal (Dewi *et al.*, 2023). Pelarut n-heksan akan masuk ke dalam jaringan sampel dan melarutkan komponen minyak atsiri, termasuk sejumlah senyawa lilin, albumin, dan zat warna (Julianto, 2016). Campuran hasil ekstraksi kemudian dialirkan ke kondensor untuk didinginkan, sehingga minyak dapat dipisahkan dan dipekatkan pada suhu rendah. Setelah pelarut diuapkan, minyak atsiri yang masih bercampur dengan sisa air dipindahkan ke dalam corong pisah dan dibiarkan selama kurang lebih 5 menit hingga terbentuk pemisahan fase yang jelas antara lapisan air dan minyak. Selanjutnya, lapisan minyak dipisahkan dan ditampung dalam wadah kaca berwarna gelap dan tertutup rapat untuk melindungi minyak atsiri dari paparan cahaya dan udara, sehingga stabilitas minyak atsiri tetap terjaga dan degradasi

akibat faktor lingkungan dapat diminimalkan (Ganosi *et al.*, 2023).

3.5.4 Perhitungan Rendemen dan Bobot Jenis Minyak Atsiri

3.5.4.1 Rendemen Minyak Atsiri

Perhitungan rendemen dilakukan dengan persentase bobot (b/b) antara bobot minyak atsiri yang diperoleh terhadap bobot sampel. Perhitungan rendemen bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak minyak atsiri yang didapat dari sampel segar yang digunakan (Kusuma and Aprileili, 2022). Setelah didapatkan hasil minyak atsiri, dilakukan perhitungan rendemen dengan persamaan sebagai berikut:

$$Rendemen = \frac{\text{Bobot minyak atsiri}}{\text{Bobot sampel}} \times 100\%$$

Gambar 3.1 Persamaan Perhitungan Rendemen (Dewi *et al.*, 2023)

3.5.4.2 Bobot Jenis Minyak Atsiri

Pengukuran bobot jenis dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara kerapatan minyak terhadap kerapatan air pada suhu yang sama. Pengukuran dilakukan dengan piknometer (Ramadhanti *et al.*, 2024). Perhitungan bobot jenis minyak atsiri dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Bobot\ jenis = \frac{W_2 - W_0}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

Gambar 3.2 Persamaan Perhitungan Bobot Jenis

(Kurniawan and Nugraha, 2023).

Keterangan:

W_0 : bobot piknometer kosong (gram),

W_1 : bobot piknometer dan air (gram),

W_2 : bobot piknometer dan minyak atsiri (gram).

3.5.5 Aplikasi Minyak Atsiri pada Hewan Uji

3.5.5.1 Preparasi Hewan Uji

Hewan uji diaklimatisasi terlebih dahulu selama 7 hari untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan yang baru. Kemudian hewan uji diberi perlakuan dengan metode *split-body*, yaitu seluruh punggung hewan uji dicukur dengan bentuk persegi berukuran 2×2 cm sejumlah 5 bagian (3 bagian pada sisi kiri dan 2 bagian pada sisi kanan), sesuai dengan jumlah intervensi yang diberikan. Selanjutnya, bersihkan area yang dicukur dengan air bersih hingga tidak ada sisa rambut yang menempel dan tandai setiap area uji. Hewan uji didiamkan terlebih dahulu selama 24 jam sebelum diberi perlakuan (Lallo *et al.*, 2018).



Gambar 3.3 Skema Pencukuran Punggung Hewan Uji

3.5.5.2 Pengenceran Minyak Atsiri dengan *Carrier Oil*

Pengenceran minyak atsiri dilakukan dengan mencampurkan minyak atsiri seledri dengan parafin cair. Pengenceran dilakukan dengan menambahkan masing-masing sebanyak 1 mL, 1,5 mL, dan 2 mL ke dalam parafin cair yang telah disesuaikan jumlahnya. Campuran kemudian dimasukkan ke dalam botol kaca gelap dan digojok hingga homogen, selanjutnya pastikan botol tertutup rapat dan disimpan pada suhu ruang (Artanti *et al.*, 2022).

3.5.5.3 Uji Iritasi Minyak Atsiri (*Patch Test*)

Punggung hewan uji yang telah dicukur kemudian dioleskan masing-masing 1 mL sampel. Pada 3 bagian di sisi kiri dioleskan minyak atsiri dengan konsentrasi 1%, 1,5%, dan 2%, kemudian diamati secara berkala apakah terjadi reaksi iritasi pada 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah perlakuan (Sari *et al.*, 2021).

3.5.5.4 Pemberian Perlakuan pada Hewan Uji

Pemberian perlakuan dilakukan dengan cara mengoleskan minyak seledri dan larutan kontrol pada area punggung hewan uji yang telah dicukur dan diberi tanda. Pada sisi kiri dioleskan masing-masing 1 mL minyak seledri dengan konsentrasi 1%,

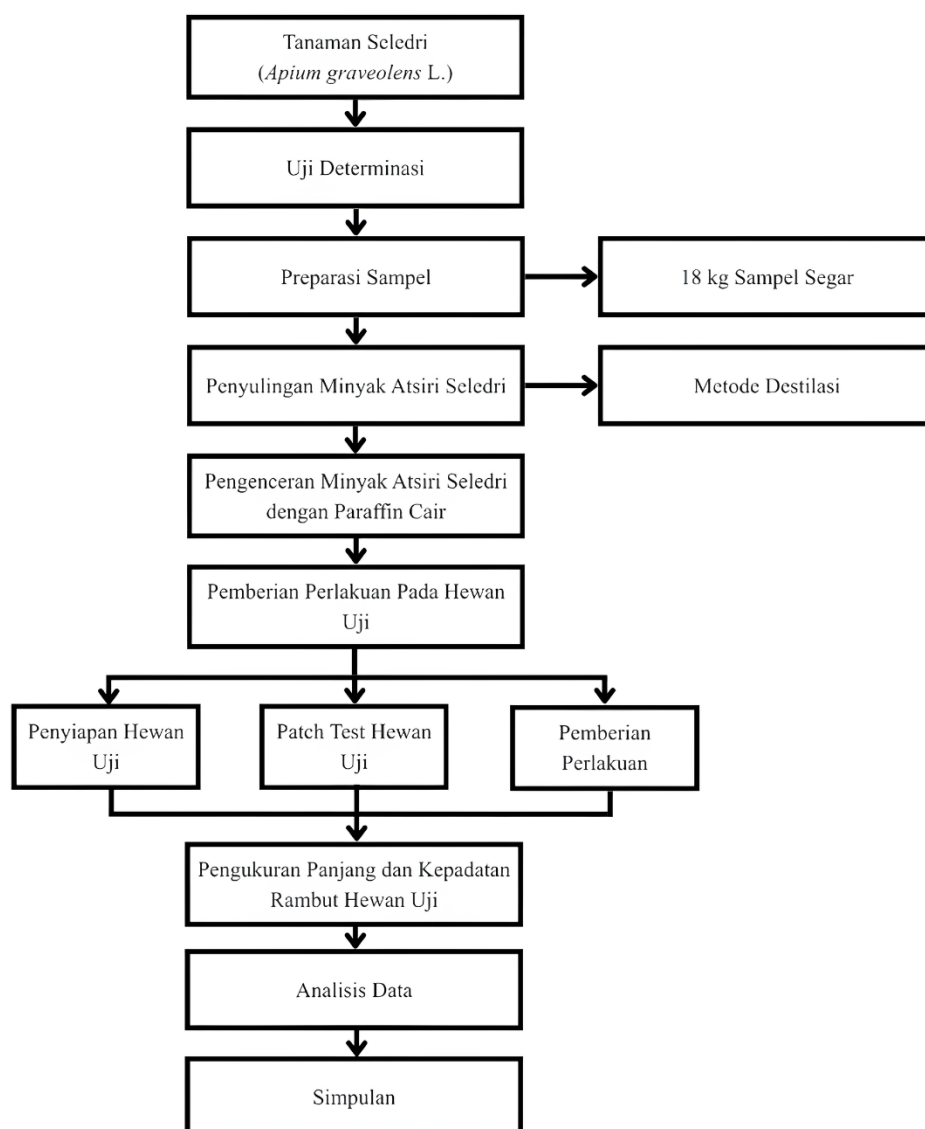
1,5%, dan 2%, sedangkan pada sisi kanan dioleskan masing-masing 1 mL Minoxidil 2% sebagai kontrol positif dan parafin cair sebagai kontrol negatif. Pemberian perlakuan dilakukan setiap sore hari selama 21 hari.

3.5.6 Pengukuran Panjang dan Kepadatan Rambut Hewan Uji

Pengukuran panjang dan kepadatan rambut hewan uji dilakukan sebelum perlakuan dan setelah perlakuan. Pengukuran panjang dilakukan dengan mengambil sebanyak 10 helai rambut dari setiap titik cukur, kemudian masing-masing diukur dengan jangka sorong digital dan dihitung rata-rata panjang rambut. Sedangkan, pengukuran kepadatan rambut hewan uji dilakukan dengan menentukan area pengamatan seluas 1 cm² pada masing-masing titik cukur, kemudian dihitung jumlah helai rambut dengan bantuan kaca pembesar dan pinset.

3.6 Alur Penelitian

Penelitian dilaksanakan berdasarkan tahapan yang telah dirancang. Kerangka alur penelitian menjadi panduan dalam pelaksanaan langkah penelitian, dimulai dari proses pengambilan sampel hingga pemberian perlakuan pada hewan uji. Seluruh data tersebut kemudian akan dianalisis untuk memperoleh jawaban atas rumusan masalah penelitian.



Gambar 3.4 Kerangka Alur Penelitian

3.7 Pengolahan dan Analisis Data

Data penelitian dianalisis secara deskriptif dan statistik untuk menjawab seluruh rumusan masalah. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan efektivitas minyak atsiri seledri (*Apium graveolens* L.) terhadap pertumbuhan rambut hewan uji berdasarkan nilai rata-rata, simpangan baku, nilai minimum, dan nilai maksimum dari parameter panjang rambut dan kepadatan rambut. Selanjutnya dilakukan analisis statistik untuk mengetahui adanya perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan.

Sebelum dilakukan uji perbedaan, data terlebih dahulu diuji menggunakan uji normalitas *Shapiro-Wilk* untuk mengetahui distribusi data, serta uji homogenitas varians menggunakan *Levene's Test*. Apabila data terdistribusi normal dan homogen ($p\text{-value} > 0,05$), maka perbedaan panjang dan kepadatan rambut antar kelompok dianalisis menggunakan uji parametrik *One-Way ANOVA*. Jika hasil *One-Way ANOVA* menunjukkan perbedaan signifikan ($p\text{-value} < 0,05$), maka dilanjutkan dengan uji lanjut (*Post Hoc Test*) menggunakan metode LSD untuk mengetahui pasangan kelompok mana yang berbeda secara signifikan. Interpretasi hasil dilakukan berdasarkan nilai signifikansi dan nilai rata-rata hasil pengukuran, di mana kelompok dengan nilai rata-rata tertinggi dianggap memiliki efektivitas paling besar dalam merangsang pertumbuhan rambut hewan uji.

3.8 Etik Penelitian

Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, sebagaimana tercantum dalam surat kelayakan etik dengan nomor persetujuan yaitu 6685/UN26.18/PP.05.02.00/2025 yang dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Minyak atsiri seledri (*Apium graveolens* L.) terbukti efektif meningkatkan pertumbuhan rambut, baik berdasarkan parameter panjang rambut maupun kepadatan rambut hewan uji.

Dibuktikan pada minggu ke-3 periode pengamatan, rata-rata panjang rambut menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya konsentrasi, yakni sebesar 14,33 mm pada konsentrasi 1%, 16,39 mm pada konsentrasi 1,5%, dan 18,60 mm pada konsentrasi 2%. Peningkatan ini selaras dengan rata-rata kepadatan rambut yang juga mengalami kenaikan, masing-masing sebesar 520 helai/cm² pada konsentrasi 1%, 542,22 helai/cm² pada konsentrasi 1,5%, dan 583,33 helai/cm² pada konsentrasi 2%.

2. Minyak atsiri seledri pada konsentrasi 2% menunjukkan efektivitas yang paling menonjol dalam meningkatkan pertumbuhan rambut hewan uji, yang digambarkan melalui nilai rata-rata panjang dan kepadatan rambut tertinggi dibandingkan dengan konsentrasi lainnya.

Dibuktikan pada minggu ke-3 periode pengamatan, dengan rata-rata panjang rambut sebesar 18,60 mm dan rata-rata kepadatan rambut sebesar 583,33 helai/cm².

3. Minyak atsiri seledri (*Apium graveolens* L.) pada konsentrasi 2% menunjukkan kemampuan yang setara dengan minoxidil 2% dalam

meningkatkan pertumbuhan rambut hewan uji, baik pada parameter panjang maupun kepadatan rambut.

Dibuktikan dengan hasil uji lanjut (*Post Hoc Test*) yang menunjukkan bahwa minyak atsiri seledri 2% tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan minoxidil 2% terhadap parameter panjang rambut ($p\text{-value} > 0,05$). Selain itu, pada parameter kepadatan rambut, minyak atsiri seledri 2% juga tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan kelompok minoxidil 2% ($p\text{-value} > 0,05$).

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan:

1. Dilakukan penelitian dengan jumlah hewan uji yang lebih besar agar memungkinkan dilakukan analisis lanjutan, seperti evaluasi subkelompok, atau pengelompokkan berdasar karakteristik tertentu, sehingga respons terhadap perlakuan dapat dianalisis secara lebih mendalam.
2. Dilakukan penelitian dengan durasi perlakuan yang lebih panjang, misalnya minimal 8 minggu perlakuan dan pengamatan, sehingga dapat diperoleh gambaran yang lebih optimal mengenai perubahan pertumbuhan rambut, khususnya pada parameter kepadatan rambut dalam jangka waktu yang lebih representatif.
3. Dilakukan penelitian dengan pendekatan histologis dan biomolekuler, sehingga mekanisme kerja minyak atsiri seledri terhadap efek pertumbuhan rambut dapat dijelaskan secara lebih jelas dan objektif.
4. Dilakukan penelitian dengan standardisasi kondisi awal folikel rambut, baik dari segi jumlah folikel maupun fase siklus rambut, sebelum pemberian perlakuan, sehingga respons terhadap perlakuan dapat dibandingkan secara lebih seragam dan mengurangi potensi heterogenitas data.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmohsen, U.R., Elmaidomy, A.H., 2025. Exploring the therapeutic potential of essential oils: a review of composition and influencing factors. *Front. Nat. Prod.* 4. <https://doi.org/10.3389/fntpr.2025.1490511>
- Adelia, D., Occa Roanisca, Ristika Oktavia Asriza., 2025. Comparison of the age of sapu-sapu (*Baeckea frutescens* L.) leaves bow down and unbowed on the yield and physical features of oil using steam-hydro distillation methods. *Spin J. Kim. Pendidik. Kim.* 7, 50–61. <https://doi.org/10.20414/spin.v7i1.12944>
- Ahmed, A., Alali, A.M., Abdullah, E., Alharbi, M.N., Alayoubi, H.M., 2025. Herbal remedies for hair loss: a review of efficacy and safety. *Skin Appendage Disord.* <https://doi.org/10.1159/000542876>
- Aini, Q., 2017. Test of hair growth activity of male rabbits from hair tonic preparations containing ethanol extract of mangkokan leaves (*Nothopanax scutellarium* L.). *Lampung Pharm. J.* 6, 1–12.
- Airlangga, U., 2017. Celery herb essential oil in the formulation. *Jurnal Kimia Riset.* 2, 93–97.
- Alhasso, B., Ghorri, M.U., 2022. Systematic review on the effectiveness of essential and carrier oils as skin penetration enhancers in pharmaceutical formulations. *Scientia Pharmaceutica.* 90(1). 10.3390/scipharm90010014

- Al-snafi, A.E., 2017. International Journal for Pharmaceutical Research Scholars (IJPRS).
- Ancuceanu, R.. 2024. Antioxidant activity of essential oils from pinaceae species. *Antioxidants*. 13(3), 286. <https://doi.org/10.3390/antiox13030286>.
- Amanullah, M., Sukumar, M., 2025. Physical quality parameter analysis of extracted essential oil: color, refractive index, viscosity, specific gravity and density. *Jurnal Natural Scientiae*. 4(1), 219–232. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-4634-2_13
- Amelinda, P.D., Jumaeri, F, M.W., 2019. Uji daya antibakteri gel hand sanitizer minyak atsiri seledri (*Apium graveolens*). *J. Chem. Sci.* 8, 29–33.
- Andila, P., Warseno, T., Li'aini, A., Tirta, I.G., Wibawa, A., Bangun, T., 2020. Seri koleksi kebun raya eka karya bali tanaman berpotensi penghasil minyak atsiri. Bali: e-Publishing Penerbit BRIN. <https://doi.org/10.14203/press.311>
- Anjum, M.A., Zulfiqar, S., Chaudhary, A.A., Rehman, I.U., Bullock, A.J., Yar, M., MacNeil, S., 2024. Stimulation of hair regrowth in an animal model of androgenic alopecia using 2-deoxy-D-ribose. *Front. Pharmacol.* 15, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1370833>
- Anuar, A.A.B., Levita, J., 2018. Review: seledri *Apium graveolens*. Linn. Sebagai tablet anti-inflamasi. *Jurnal Farmaka*. 16(1). <https://doi.org/10.24198/jf.v16i1.17343.g8610>
- Artanti, A.N., Prihapsara, F., Hartatik, H., 2022. Pengembangan produk aromaterapi berbahan minyak atsiri kunyit sebagai komoditas unggulan masyarakat desa bandar kabupaten pacitan. *Jurnal Abdi Insani*. 9, 1260–1267. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v9i4.681>

- Asghar, F., Shamim, N., Farooque, U., Sheikh, H., Aqeel, R., 2020. Telogen effluvium: A review of the literature. *Cureus*. 12, 1–7. <https://doi.org/10.7759/cureus.8320>
- Asilian, A., Farmani, A., Saber, M., 2024. Clinical efficacy and safety of low-dose oral minoxidil versus topical solution in the improvement of androgenetic alopecia: A randomized controlled trial. *J Cosmet Dermatol*. 23, 949–957. <https://doi.org/10.1111/jocd.16086>
- Astuti Handayani, I., Agustina, I., Wira, A., Ruwaida, N.N., Ikifa, S., Samarinda, S., Karakterisasi Lanjut Serpong di BRIN, L., 2023. Karakteristik minyak atsiri daun muda medang pirawas (*Litsea elliptica* Blume) dengan metode distilasi uap. *J. Farm. IKIFA*. 2, 14-20.
- Barnes, T.M., Mijaljica, D., Townley, J.P., Spada, F., Harrison, I.P., 2021. Vehicles for drug delivery and cosmetic moisturizers: review and comparison. *Pharmaceutics*. 13. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13122012>
- Bellani, D., Patil, R., Prabhughate, A., Shahare, R., Gold, M., Kapoor, R., Shome, D., 2025. Pathophysiological mechanisms of hair follicle regeneration and potential therapeutic strategies. *Stem Cell Res. Ther.* 16, 302. <https://doi.org/10.1186/s13287-025-04420-4>
- Benson, H.A.E., Grice, J.E., Mohammed, Y., Namjoshi, S., Roberts, M.S., 2019. Topical and transdermal drug delivery: from simple potions to smart technologies. *Curr. Drug Deliv.* 16, 444–460. <https://doi.org/10.2174/1567201816666190201143457>
- Berg, C. Van den, Khumalo, N.P., Ngoepe, M.N., 2025. Quantifying whole human hair scalp fibres of varying curl: A micro-computed tomographic study. *J Microsc*. 297, 227–251. <https://doi.org/10.1111/jmi.13365>

- Between, R., Consumption, V.D., Yulfienti, E., Abdullah, D., Marwazi, M., Zainun, Z., Baiturrahmah, U., 2024. Nusantara Hasana Journal. 4, 201–210.
- Bikash, C., 2025. Topical alternatives for hair loss: beyond the conventional. *Int. J. Trichology*. 17.
- Bin Rubaian, N.F., Alzamami, H.F.A., Amir, B.A., 2024. An overview of commonly used natural alternatives for the treatment of androgenetic alopecia, with special emphasis on rosemary oil. *Clin. Cosmet. Investig. Dermatol*. 17, 2495–2503. <https://doi.org/10.2147/CCID.S470989>
- Bloch, L.D., Goshiyama, A.M., Dario, M.F., Escudeiro, C.C., Sarruf, F.D., Velasco, M.V.R., Valente, N.Y.S., 2019. Chemical and physical treatments damage caucasian and afro-ethnic hair fibre: analytical and image assays. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. 33, 2158–2167. <https://doi.org/10.1111/jdv.15761>
- Borda, L.J. And Wikramanayake, T.C., 2016. Seborrheic dermatitis and dandruff: a comprehensive review. *Journal of clinical and investigative dermatology*. 3(2). Available At: <https://doi.org/10.13188/2373-1044.1000019>.
- Budastra, W.C.G., 2025. The potential of herbal agents for hair growth: a mechanism-based review of hair follicle stimulation. *J. Biol. Trop*. 25, 2291–2297. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i2.9305>
- Burkhart, C.G., 2025. Open access a clinical review of trichorrhexis nodosa abstract. 1–4. <https://doi.org/10.2174/0118743722373771250310062825>
- Calabrese, E.J., 2020. Stimulating hair growth via hormesis: experimental foundations and clinical implications. *Pharmacol. Res*. 152, 104599. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.phrs.2019.104599>

- Campbell, C., Bahrami, S., Owen, C., 2016. Anagen effluvium caused by thallium poisoning. *JAMA Dermatol.* 152, 724–726.
<https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2016.0194>
- Carvalho, A., Junior, L., De Castro, C., Bastos, B., 2024. Essential oils for hair health: a critical mini-review of the current evidence and future directions. *Brazilian Journal of Aromatherapy and Essential Oils.* 3.
<https://doi.org/10.62435/2965>
- Chang, L.-Y., Plikus, M. V., Jablonski, N.G., Lin, S.-J., 2025. Evolution of long scalp hair in humans. *Br. J. Dermatol.* 192, 574–584.
<https://doi.org/10.1093/bjd/ljae456>
- Chen, C., Huang, W., Hsi, E., Wang, C., Tai, K., Lin, S., 2020. Functional complexity of hair follicle stem cell niche and therapeutic targeting of niche dysfunction for hair regeneration. *Biomed Sci.* 27 (1). 10.1186/s12929-020-0624-8
- Chi, W., Mak, K., 2023. Comparisons between hydro and steam distillation processes to extract *prunella vulgaris* volatile compounds, and their anti - oxidative activities. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics.* 13, 51–57.
- Chien Yin, G.O., Siong-See, J.L., Wang, E.C.E., 2021. Telogen effluvium – a review of the science and current obstacles. *J Dermatol Sci.* 101, 156–163.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2021.01.007>
- Choi, J.Y., Boo, M.Y., Boo, Y.C., 2024. Can plant extracts help prevent hair loss or promote hair growth? a review comparing their therapeutic efficacies, Phytochemical Components, and Modulatory Targets. *Molecules.* 29.
<https://doi.org/10.3390/molecules29102288>

- Chu, X., Zhou, Z., Qian, X., Shen, H., Cheng, H., Zhang, J., 2025. Functional regeneration strategies of hair follicles: advances and challenges. *Stem Cell Research and Therapy*. 16. <https://doi.org/10.1186/s13287-025-04210-y>
- Cloete, E., Khumalo, N.P., Wyk, J.C. Van, Ngoepe, M.N., 2019. Systems approach to human hair fibers: Interdependence between physical, mechanical, biochemical and geometric properties of natural healthy hair. *Front. Physiol.* 10, 1–7. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00112>
- Contin, L.A., Santos, L.D.N., Pereira, I.J.N., Rocha, V.B., 2021. Anagen effluvium after therapeutic scalp surgery: unreported phenomenon. *Skin Appendage Disord.* 7, 311–314. <https://doi.org/10.1159/000513087>
- Cuevas-Diaz Duran, R., Martinez-Ledesma, E., Garcia-Garcia, M., Bajo Gauzin, D., Sarro-Ramírez, A., Gonzalez-Carrillo, C., Rodríguez-Sardin, D., Fuentes, A., Cardenas-Lopez, A., 2024. The biology and genomics of human hair follicles: a focus on androgenetic alopecia. *Int J Mol Sci.* 25. <https://doi.org/10.3390/ijms25052542>
- Daniels, G., Fraser, A., Westgate, G.E., 2023. How different is human hair? A critical appraisal of the reported differences in global hair fibre characteristics and properties towards defining a more relevant framework for hair type classification. *Int J Cosmet Sci.* 45, 50–61. <https://doi.org/10.1111/ics.12819>
- Dewi, A.S., Ridwan, S., 2024. Effect of various plant extract concentrations in hair tonic preparations on hair growth activity. *Jurnal Biologi Tropis.* 24, 615–622. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i2.6813>
- Dewi, L.K., Setyawati, S.D., Pamuji, A.N.F., Indrayana, S., Cahyani, C., 2023. The effect of various solvent in soxhlet extraction on the characteristics of basil oil (*Ocimum Americanum* L.). *Jurnal Bahan Alam Terbarukan.* 12, 63–69. <https://doi.org/10.15294/jbat.v12i1.41903>

- Dhanashree V. Darade, Vaibhav P. Gote, Swati P. Deshmukh, Neha Y. Bansod, 2023. A review on formulation and evaluation of herbal hair oil. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*. 25, 001–004. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2023.25.3.0439>
- Diao, R., Sun, M., Zhang, N., Liu, X., Song, P., 2025. Novel strategies for androgenetic alopecia therapy: integrating multifunctional plant extracts with nanotechnology for advanced cutaneous drug delivery. *Pharmaceutics*. 17, 1220. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics17091220>
- Díaz-Reinoso, B., Rivas, S., Rivas, J., Domínguez, H., 2023. Subcritical water extraction of essential oils and plant oils. *Sustain. Chem. Pharm.* 36, 101332. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101332>
- Dontje, A.E.W.K., Schuiling-Veninga, C.C.M., van Hunsel, F.P.A.M., Ekhart, C., Demirci, F., Woerdenbag, H.J., 2024. The therapeutic potential of essential oils in managing inflammatory skin conditions: a scoping review. *Pharmaceutics*. 17, 1–38. <https://doi.org/10.3390/ph17050571>
- Du, F., Li, J., Zhang, S., Zeng, X., Nie, J., Li, Z., 2024. Oxidative stress in hair follicle development and hair growth: signalling pathways, intervening mechanisms and potential of natural antioxidants. *J Cell Mol Med*. 28, 1–14. <https://doi.org/10.1111/jcmm.18486>
- Rahmadany, E.S., Nida, Z.A., Fithria, F.R., Shabrina, A., 2021. Uji iritasi dan aktivitas tabir surya secara in vitro minyak biji pala dalam sistem mikroemulsi dengan variasi tween 80-etanol. *Jurnal Ilmu Farmasi dan Farmasi Klinik (JIFFK)*. 18, 47–54.

- Ekasari, S.R., 2020. Pengaruh metode pengambilan minyak atsiri dari daun jeruk purut (*Citrus hystrix*) terhadap kandungan geraniol dan sitronelal. Jurnal Inovasi Teknik Kimia. 5, 5–11. <https://doi.org/10.31942/inteka.v5i1.3394>
- El Mihaoui, A., Esteves da Silva, J.C.G., Charfi, S., Candela Castillo, M.E., Lamarti, A., Arnao, M.B., 2022. Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): A review of ethnomedicinal use, phytochemistry and pharmacological uses. Life. 12, 479. <https://doi.org/10.3390/life12040479>
- Essendoubi, M., Andre, N., Granger, B., Clave, C., Manfait, M., Thuillier, I., Piot, O., Ginestar, J., 2022. New approach for hair keratin characterization : Use of the confocal raman spectroscopy to assess the effect of thermal stress on human hair fibre. Int J Cosmet Sci. 44(5), 588–601. <https://doi.org/10.1111/ics.12808>
- Ezure, T., Matsuzaki, K., Urakubo, H., Ohno, N., 2025. Three-dimensional ultrastructural analysis of human skin with the arrector pili muscle interacting with the hair follicle epithelium. Sci. Rep. 15(1). 10.1038/s41598-025-88615-y
- Fatimah, N., Hidayat, R., Luthfiyanti, N., 2024. Formulasi dan evaluasi mutu fisik sediaan hair tonic kombinasi ekstrak seledri (*Apium graveolens* L.) dan ekstrak ginseng jawa (*Talinum paniculatum* Gaertn.) sebagai penumbuh rambut pada kelinci jantan *new zealand white*. Jurnal Kajian Ilmiah Multidisipliner. 8.
- Fauzan, R., Simbolon, Z.K., Syahyadi, R., Aida, A., Dhinta, R., Astuti, D., Alam, P.N., 2022. Refinery of citronella oil using vacuum hydrodistillation method. International Journal of Research. 10, 234–241. <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v10.i11.2022.4905>

- Fernandes, C., Medronho, B., 2023. On hair care physicochemistry : from structure and degradation to novel biobased conditioning agents. *Polymers*. 15(3), 608. <https://doi.org/10.3390/polym15030608>
- Foti, C., 2017. Allergic contact dermatitis due to topical minoxidil solution. *European Journal of Pediatric Dermatology*. 27, 122. <https://doi.org/10.26326/2281-9649.27.2.1354>
- Ganosi, E., Barda, C., Grafakou, M.E., Rallis, M.C., Skaltsa, H., 2023. An in-depth stability study of the essential oils from mentha piperita, mentha spicata, origanum vulgare, and thymus vulgaris: the impact of thermal and storage conditions. *Separations*. 10. <https://doi.org/10.3390/separations10090488>
- Gao, L., Zhang, H.-L., Tan, X.-Y., Wang, Y.-G., Song, H., Yuan, V.L., Liao, X.-H., 2023. Sensitive quantitative in vivo assay for evaluating the effects of biomolecules on hair growth and coloring using direct microinjections into mouse whisker follicles. *Biomolecules*. 13, 1076. <https://doi.org/10.3390/biom13071076>
- Gasparin, R.M., Lourenco, C.B., Leonardi, G.R., 2025. Porosity and resistance of textured hair: Assessing chemical and physical damage under consumer-relevant conditions. *Cosmetics*. 12, 93.
- Geier, J., Schubert, S., Reich, K., Skudlik, C., Ballmer-Weber, B., Brehler, R., Weisshaar, E., Uter, W., 2022. Contact sensitization to essential oils: IVDK data of the years 2010-2019. *Contact Dermatitis*. 87, 71–80. <https://doi.org/10.1111/cod.14126>
- Ghuwalewala, S., Cao, J., Rezza, A., Rangl, M., Kwiatkowski, A., Brown, A., Grisanti, L., Heitman, N., Schober, M., Wang, Z., Ma'ayan, A., Almet, A.A., Plikus, M. V, Rendl, M., 2025. Molecular signatures and signaling interactions

- of the hair follicle stem cell niche. J. Invest. Dermatol. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jid.2025.11.021>
- Greco, G., Di Lorenzo, R., Ricci, L., Di Serio, T., Vardaro, E., Laneri, S., 2024. Clinical studies using topical melatonin. Int. J. Mol. Sci. 25, 5167. <https://doi.org/10.3390/ijms25105167>
- Grymowicz, M., Rudnicka, E., Podfigurna, A., Napierala, P., Smolarczyk, R., Smolarczyk, K., Meczekalski, B., 2020. Hormonal effects on hair follicles. Int J Mol Sci. 21, 1–13. <https://doi.org/10.3390/ijms21155342>
- Gu, Y., Bian, Q., Zhou, Y., Huang, Q., Gao, J., 2022. Hair follicle-targeting drug delivery strategies for the management of hair follicle-associated disorders. Asian J. Pharm. Sci. 17, 333–352. <https://doi.org/10.1016/j.ajps.2022.04.003>
- Guo, E.L., Katta, R., 2017. Diet and hair loss : effects of nutrient deficiency and supplement use. Dermatology Practical and Conceptual. 7(1), 1–11. [10.5826/dpc.0701a01](https://doi.org/10.5826/dpc.0701a01)
- Hamida, O. Ben, Kim, Moon Kyu, Sung, Y.K., Kim, Min Kyu, Kwack, M.H., 2025. Hair regeneration methods using cells derived from human hair follicles and challenges to overcome. Cells. 14. <https://doi.org/10.3390/cells14010007>
- Hasanah, A., Caesar Barkah, D., Aisyah, D., Yuniarsih, N., 2022. Aktivitas antialopesia sediaan hairtonic dari berbagai tanaman. Jurnal Health Sains. 3, 782–792. <https://doi.org/10.46799/jhs.v4i06.508>
- Hendrika, G., Rahayu, A., Mulyaningsih, Y., 2017. Pertumbuhan tanaman seledri (*Apium graveolens* L.) pada berbagai komposisi pupuk organik dan sintetik (the growth rate of celery (*Apium graveolens* L.) At various compositions of organic and synthetic fertilizer), Jurnal Agronida ISSN.

- Hibatullah, I.R., Hasbullah, R., Sutejo, A., 2025. Essential oil yield and quality of citronella (*Cymbopogon nardus* L.) distillation at various harvest ages and chopping material. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 1477, 012046. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1477/1/012046>
- Hindun, S., akmal, A., Sari, N., 2017. Formulation of hair tonic combination of celery and green tea leaves ethanol extract for rabbit hair growth. Jurnal Ilmiah Farmako Bahari.
- Houschyar, K.S., Borrelli, M.R., Tapking, C., Popp, D., Puladi, B., Ooms, M., Chelliah, M.P., Rein, S., Pfürringer, D., Thor, D., Reumuth, G., Wallner, C., Branski, L.K., Siemers, F., Grieb, G., Lehnhardt, M., Yazdi, A.S., Maan, Z.N., Duscher, D., 2020. Molecular mechanisms of hair growth and regeneration: current understanding and novel paradigms. Dermatology. 236, 271–280. <https://doi.org/10.1159/000506155>
- Hsieh, W.-J., Qiu, W.-Y., Percec, I., Chang, T.-M., 2025. Insulin-like growth factor 1 (igf-1) in hair regeneration: mechanistic pathways and therapeutic potential. Curr. Issues Mol. Biol. 47. <https://doi.org/10.3390/cimb47090773>
- Huang, X.D., Qiu, X.X., Wang, H.J., Jin, X.F., Xiao, F., 2024. A prospective randomized double-blind study comparing the dose-response curves of epidural ropivacaine for labor analgesia initiation between parturients with and without obesity. Front. Pharmacol. 15, 1–8. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1348700>
- Hussein, R.S., Dayel, S. Bin, Abahussein, O., El-Sherbiny, A.A., 2024. Applications and efficacy of minoxidil in dermatology. Ski. Heal. Dis. 4. <https://doi.org/10.1002/ski2.472>

- Ibraheim, M.K., Elsensohn, A., Hauschild, C., Hilliard, A., Dao, H., 2023. Low dose oral minoxidil and the conundrum of cardiovascular complications. *Dermatol Online J.* 29. <https://doi.org/10.5070/D329461861>
- Jae, S., Ms, Y., Ju, H., Bs, Y., Lee, J., Jin, S., Ms, H., 2024. Effects of ultraviolet rays and particulate matter on hair porosity in damaged hair. *Journal of Cosmetic Dermatology.* 23(11), 3735–3739. <https://doi.org/10.1111/jocd.16442>
- Jasim, N. Al, 2024. Curly hair follicle is sculpted by a contracted arrector pili muscle : a hypothesis with treatment implications. *Imedpub Journals.* 1–6. <https://doi.org/10.36648/2393-8862.11.S1.01>
- Jayakodi, Y., Thiviya, P., Gamage, A., Evon, P., Madhujith, T., Merah, O., 2024. Antioxidant activity of essential oils extracted from apiaceae family plants. *Agrochemicals.* 57–69.
- Jiang, Q., Wu, Y., Zhang, H., Liu, P., Yao, J., Yao, P., Chen, J., Duan, J., 2017. Development of essential oils as skin permeation enhancers: penetration enhancement effect and mechanism of action. *Pharm. Biol.* 55, 1592–1600. <https://doi.org/10.1080/13880209.2017.1312464>
- Jimenez, F., Alam, M., 2024. The proportion of catagen and telogen hair follicles in occipital scalp of male androgenetic alopecia patients: challenging the established dogma. *Exp Dermatol.* 33, 1–8. <https://doi.org/10.1111/exd.70001>
- Julianto, T.S., 2016. Minyak atsiri bunga Indonesia. Yogyakarta: Deepublish.
- Junge, A., Radonjic-Hoesli, S., Bossart, S., Simon, D., De viragh, P., Hunger, R.E., Heidemeyer, K., Seyed Jafari, S.M., 2025. Contact dermatitis caused by topical minoxidil: allergy or just irritation. *Acta Derm Venereol.* 105, 1–6. <https://doi.org/10.2340/actadv.v105.42401>

- Kaewmungkun, K., Kaisang, S., Yokhaphachon, N., Parnpai, R., 2025. Advanced medical treatments for hair loss. *Cell Transplant.* 34. <https://doi.org/10.1177/09636897251382318>
- Kalangi, S.J.R., 2019. Histofisiologi kulit, bagaian anatomi-histologi fakultas kedokteran universitas sam ratulangi manado. *Jurnal Biomedik (JBM).* 5, 12–20.
- Karakoyun, Ö., 2025. Retrospective review of 2851 female patients with telogen effluvium: a single-center experience. *J Cosmet Dermatol.* 24(2), 10–13. <https://doi.org/10.1111/jocd.70037>
- Karungamye, P., Shaib, S., Mazengo, G., Ndege, S., 2025. The influence of extraction method (solvent extraction with hexane vs. steam distillation) on the composition of essential oils from lemon peels analyzed with FTIR. *MUST J. Res. Dev.* 6, 10.
- Kasmayuga, M., Audina, M., Mahdiyah, D., Noval, 2024. Liquid terhadap evaluasi sediaan serum emulgel ekstrak pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urban) sebagai antiinflamasi. *Journal Pharmaceutical Care and Sciences.* 5(1), 101–112. <https://doi.org/10.33859/jpcs.v5i1>
- Kato, H., Kinoshita, K., Saito, N., Kanayama, K., Mori, M., Asahi, N., Sunaga, A., Yoshizato, K., Itami, S., Yoshimura, K., 2020. The effects of ischemia and hyperoxygenation on hair growth and cycle. *Organogenesis.* 16, 83–94. <https://doi.org/10.1080/15476278.2020.1794271>
- Kaur, P., Singh, G., Kaur, K., Kaur, N., Kumar, R., Bhullar, M.S., 2025. Nanoemulsion of *Apium graveolens* essential oil as a natural pre-emergent herbicide. *Sci. Rep.* 15, 1–17. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-25935-z>

- Kesika, P., Sivamaruthi, B.S., Thangaleela, S., Bharathi, M., Chaiyasut, C., 2023. Role and mechanisms of phytochemicals in hair growth and health. *Pharmaceuticals (Basel)*. 16. <https://doi.org/10.3390/ph16020206>
- Kim, J.-W., Dorjsembe, B., Nho, C.W., Chang, P.-S., Kim, J.-C., 2025. Hair growth-promoting effects of *Stellera chamaejasme* L. extract on C57BL/6 mice via induction of anagen phase genes. *J. Tradit. Chinese Med. Sci.* 12, 415–421. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtcms.2025.05.001>
- Kiratiwongwan, R., Boonchai, W., Kanokrunsee, S., 2025. Allergic contact dermatitis to topical preparations containing minoxidil: a systematic review and individual participant data meta-analysis. *Dermatitis*. 36, 200–206. <https://doi.org/10.1089/derm.2024.0092>
- Konno, S., Asanuma, K., Nonomura, Y., 2024. Friction dynamics of straight, curly, and wavy hair. *J Oleo Sci.* 811, 801–811.
- Kooti, W., Daraei, N., 2017. A review of the antioxidant activity of celery (*Apium graveolens* L). *J Evid Based Complementary Altern Med.* <https://doi.org/10.1177/2156587217717415>
- Krawczyk-wołoszyn, K., Roczowski, D., Reich, A., 2024. Evaluation of surface structure and morphological phenomena of caucasian virgin hair with atomic force microscopy. *Medicina*. 60(2), 297. <https://doi.org/10.3390/medicina60020297>
- Kreff-Trzcieniecka, K., Piętowska, Z., Pakiet, A., Nowicka, D., Szepietowski, J.C., 2024. Short-term clinical assessment of treating female androgenetic alopecia with autologous stem cells derived from human hair follicles. *Biomedicines*. 12. <https://doi.org/10.3390/biomedicines12010153>

- Kristiningrum, E., 2018. Continuing professional development akreditasi PP IAI-2 SKP suplemen untuk rambut sehat. Cermin Dunia Kedokteran. <https://doi.org/10.55175/cdk.v45i6.778>
- Kusuma, A.E. and Aprileili, D.A., 2022. Pengaruh jumlah pelarut terhadap rendemen ekstrak daun katuk (*Sauropus androgynus* L. Merr). Jurnal Farmasi Sains dan Obat Tradisional. 1(2), 125–135. <https://doi.org/10.62018/sitawa.v1i2.22>
- Lai, E., Guo S., Wu P., Qu, M., Yu, X., Hao, C., Li, S., Peng, H., Yi, Y., Zhou, M., Fu, G., Li, X., Liu, H., Zheng, Y., Wang, X., 2025. Genome of root celery and population genomic analysis reveal the complex breeding history of celery, Plant Biotechnology Journal. 23(3), 946–959. Available At: <https://doi.org/10.1111/Pbi.14551>.
- Lasisi, T., Smallcombe, J.W., Kenney, W.L., Havenith, G., 2023. Human scalp hair as a thermoregulatory adaptation. Proc Natl Acad Sci USA. 120(24), 1-6. Available At: <https://doi.org/10.1073/Pnas.2301760120/-/Dcsupplemental.Published>.
- Lee, J., Jung, A.-R., Jang, J.-H., Bae, J.-T., Kim, W., 2025. Effects of shampoo containing plantago asiatica l. on hair thickness, density, and shedding: a double-blind, randomized, placebo-controlled clinical study. Cosmetics. 12, 84. <https://doi.org/10.3390/cosmetics12020084>
- Lemes, L.R., Daniel, F.M., de Oliveira D.S., de La-Rocque, M., Zompero, C., Ramos, P.M., 2020. Topical and oral minoxidil for hair disorders in pediatric patients: what do we know so far?. Dermatologic Therapy. 33(6), P. E13950. Available At: <https://doi.org/10.1111/Dth.13950>.
- Li, H., Masieri, F.F., Schneider, M., Bartella, A., Gaus, S., Hahnel, S., Zimmerer, R., Sack, U., Maksimovic-Ivanic, D., Mijatovic, S., Simon, J.-C. Lethaus, B.,

- Savkovic, V., 2021. The middle part of the plucked hair follicle outer root sheath is identified as an area rich in lineage-specific stem cell markers. *Biomolecules*. 11(2), 154. Available At: <https://doi.org/10.3390/Biom11020164>.
- Liao, B., Cui, Y., Yu, S., He, J., Yang, X., Zou, S., Li, S., Zhao, P., Xu, H., Long, M., Wang, X., 2023. Histological characteristics of hair follicles at different hair cycle and in vitro modeling of hair follicle-associated cells of yak (*Bos grunniens*). *Front. Vet. Sci.* 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1277586>
- Lim, J.-H., Yi, C., Chung, E.-H., Jeong, J.-S., Kim, J.-H., Boo, S.-Y., Lee, S.-H., Ko, J.-W., Kim, T.-W., Kim, Y.-H., 2025. Hair growth and health promoting effects of standardized *ageratum conyzoides* extract in human follicle dermal papilla cells and in C57BL/6 mice. *Nutrients*. 17, 2617. <https://doi.org/10.3390/nu17162617>
- Lim, Y.S., Nizard, C., Pays, K., Brun, C., Kurfurst, R., 2025. A multifaceted view on ageing of the hair and scalp. *Cosmetics*. 12, 284. <https://doi.org/10.3390/cosmetics12060284>
- Lin, X., Zhu, L. and He, J., 2022. Morphogenesis, growth cycle and molecular regulation of hair follicles, *Front Cel Dev Biol.* 1–11. Available At: <https://doi.org/10.3389/Fcell.2022.899095>.
- Liu, D., Xu, Q., Meng, X., Liu, X., Liu, J., 2024. Status of research on the development and regeneration of hair follicles. *Int. J. Med. Sci.* 21, 80–94. <https://doi.org/10.7150/ijms.88508>
- Liu, Y., Butovich, I.A., Garreis, F., Zahn, I., Scholz, M., Gaffling, S., Dietrich J., Paulsen F., 2024. Comparative characterization of human meibomian glands, free sebaceous glands, and hair-associated sebaceous glands based on biomarkers, analysis of secretion composition, and gland morphology.

International Journal Of Molecular Sciences. 25(6). Available At:
<https://doi.org/10.3390/Ijms25063109>.

Liu, Y.H., Sun, M., Wang, H., Liu, J.H., Tan., G.F., Yan, J., Wang, Y.H., Yan, Z.M., Liu, H., Tao, J.P, Zhu, W.M., Shu, S., Xiong, A.S., 2022. 24-epibrassinolide and 2,6-dichlorobenzonitrile promoted celery petioles and hypocotyl elongation by altering cellulose accumulation and cell length. *Agronomy*. 12(7). Available At:
<https://doi.org/10.3390/Agronomy12071670>.

Luziani, S., Darwinata, A.E., Praharsini, I.G.A.A., Wijaya, V.O., 2023. Rosmarinus officinalis essential oil increases hair length and follicle diameter of ultraviolet b-exposed mice through VEGF. *Indones. Biomed. J.* 15, 296–368.
<https://doi.org/10.18585/inabj.v15i4.2407>

Machado, C.A., Oliveira, F.O., de Andrade, M.A., Hodel, K.V.S., Lepikson, H., Machado, B.A.S., 2022. Steam distillation for essential oil extraction: an evaluation of technological advances based on an analysis of patent documents. *Sustain.* 14. <https://doi.org/10.3390/su14127119>

Maes, E., Bell, F., Hefer, C., Thomas, A., Harland, D., Noble, A., Plowman, J., Clerens, S., Grosvenor, A., 2021. Insights in human hair curvature by proteome analysis of two distinct hair shapes. *Journal of Cosmetic Science*. 72(3), 249–267.

Magalhaes, J., Lamas, S., Portinha, C., Logarinho, E., 2024. Optimized depilation method and comparative analysis of hair growth cycle in mouse strains. *Animals*. 14, 2–10. <https://doi.org/10.3390/ani14142131>

Mahmoud, M.I., Talaat, O., Ghandour, A.A., Mohamed, A.A., Abdelsattar, H.M., Dabbour, N.M., Shakweer, M.M., Aly, S.H., Abdul-Baki, E.A., Loutfy, S.A., 2025. Essential oils-based nanoemulsion formulation boosts hair growth in

- C57BL/6 mice as compared to minoxidil 2%. *Discov. Pharm. Sci.* 1, 1–19.
<https://doi.org/10.1007/s44395-025-00030-4>
- Majzoub, M. and Moris, V., 2025. Hypertrichosis induced by minoxidil: a case of systemic absorption from scalp occlusion. *American Journal of Case Reports.* 26, 1–5. Available At: <https://doi.org/10.12659/Ajcr.947664>.
- Marshall, T., Dosoky, N.S., Satyal, P., Setzer, W.N., 2023. Aroma compounds of carrier oils. *AppliedChem.* 3, 546–580.
<https://doi.org/10.3390/appliedchem3040034>
- Marques, S. de P.P.M., Pinheiro, R.O., Nascimento, R.A. do, Andrade, E.H. de A., Faria, L.J.G. de, 2023. Effects of harvest time and hydrodistillation time on yield, composition, and antioxidant activity of mint essential oil. *Molecules.* 28, 7583. <https://doi.org/10.3390/molecules28227583>
- Ma'sum, Z. and Proborini, W., 2016. Optimasi proses destilasi uap essential oil. *Jurnal Reka Buana.* 1(2), 105–109.
- Matamá, T., Costa, C., Fernandes, B., Araujo, R., Cruz, C.F., Tortosa, F., Sheeba, C.J., Becker, J.D., Gomes, A., Paulo, A.C., 2024. Changing human hair fibre colour and shape from the follicle. *Journal of Advanced Research.* 64, 45–65. Available At: <https://doi.org/10.1016/J.Jare.2023.11.013>.
- Mehta, A., Motavaf, M., Raza, D., McLure, A.J., Osei-Opare, K.D., Bordone, L.A., Gru, A.A., 2025. Revolutionary approaches to hair regrowth: follicle neogenesis, wnt/ β -catenin signaling, and emerging therapies. *Cells.* 14, 779. <https://doi.org/10.3390/cells14110779>
- Mohanty, S., Ray, A., Naik, P.K., Sahoo, A., Jena, S., Das, P.K., Patnaik, J., Panda, P.C., Nayak, S., 2023. Variation in yield, chemical composition and biological activities of essential oil of three curcuma species: a comparative evaluation

- of hydrodistillation and solvent-free microwave extraction methods. *Molecules*. 28, 4434. <https://doi.org/10.3390/molecules28114434>
- Moola, S., Orchard, A., van Vuuren, S., 2022. The antimicrobial and toxicity influence of six carrier oils on essential oil compounds. *Molecules*. 28, 30. <https://doi.org/10.3390/molecules28010030>
- Mugao, L.G., 2024. Factors influencing yield, chemical composition and efficacy of essential oils. *Int. J. Multidiscip. Res. Growth Eval.* 5, 169–178. <https://doi.org/10.54660/IJMRGE.2024.5.4.169-178>
- Muhammad, M., Daulay, H.T., Maulinda, L., 2020. Ekstraksi minyak atsiri dari daun kari menggunakan optimasi proses response surface methodology (RSM). *J. Teknol. Kim. Unimal*. 9, 1–13. <https://doi.org/10.29103/jtku.v9i1.3031>
- Nagase, S., 2019. Hair structures affecting hair appearance, *Cosmetics*. 6(3). Available At: <https://doi.org/10.3390/Cosmetics6030043>.
- Najib, O.N., Martin, G.P., Kirton, S.B., Botha, M.J., Sallam, A.-S., Murnane, D., 2021. The influence of oily vehicle composition and vehicle-membrane interactions on the diffusion of model permeants across barrier membranes. *Membranes (basel)*. 11. <https://doi.org/10.3390/membranes11010057>
- Nam, S.Y., Jain, S.K., Kurian, A.G., Jeong, I., Park, B.C., Ban, K., Knowles, J.C., Kim, H.-W., 2025. Hair regeneration: Mechano-activation and related therapeutic approaches. *J. Tissue Eng.* 16. <https://doi.org/10.1177/20417314251362398>
- Natarelli, N., Gahoonia, N., Sivamani, R.K., 2023. Integrative and mechanistic approach to the hair growth cycle and hair loss. *Journal of Clinical Medicine*. 12 (3), 893. <https://doi.org/10.3390/jcm12030893>

- Ntshingila, S., Oputu, O. And Arowolo, A.T., 2023. Reviews/meta-analyses androgenetic alopecia: an update. *Jaad International*. 13, 150–158. Available At: <https://doi.org/10.1016/J.Jdin.2023.07.005>.
- Oladele, D.B., Markiewicz, E. And Idowu, O.C., 2024. The genomic variation in textured hair: implications in developing a holistic hair care routine. *Cosmetics*. 11(6). Available At: <https://doi.org/10.3390/Cosmetics11060183>.
- Önder, S., Periz, C.D., Ulusoy, S., Erbas, S., Önder, D., Tonguc, M., 2024. Chemical composition and biological activities of essential oils of seven cultivated apiaceae species. *Scientific Reports*. 1–11. Available At: <https://doi.org/10.1038/S41598-024-60810-3>.
- Orchard, A., Kamatou, G., Viljoen, A.M., Patel, N., Mawela, P., Vuuren, S.F. Van, 2019. The influence of carrier oils on the antimicrobial activity and cytotoxicity of essential oils. *Evid Based Alternat Med*. <https://doi.org/10.1155/2019/6981305>
- Ouyang, H., Zheng, A.Y., Wan, P., Heng, S., Chan, L.W., 2018. Effect of lipid additives and drug on the rheological properties of molten paraffin wax, degree of surface drug coating, and drug release. *Pharmaceutics*. 10(3), 10–12. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics10030075>
- Paik, S.J., Zhang, M., Kang, H.Y., Woo, M.J., Choi, H.J., Kim, S., Jung, S.K., 2025. Phytochemicals for hair health targeting growth signaling molecules in hair follicular stem cells: a new strategy for hair growth. *J. Microbiol. Biotechnol*. 35, e2508030. <https://doi.org/10.4014/jmb.2508.08030>
- Painter, K.J., Ho, W., Glover, J.D., Wells, K.L., Mattha, F., Riddell, J., Johansson, J.A., Ford, M.J., Jahoda, C.A.B., Klika, V., Mort, R.L., Headon, D.J., 2017.

- Hierarchical patterning modes orchestrate hair follicle morphogenesis. *PloS Biol.* 15(7). 10.1371/journal.pbio.2002117
- Pappalardo, A., Yong, J., Hasan, K., Abaci, E., Christiano, A.M., 2025. Restoration of hair follicle inductive properties by depletion of senescent cells. *Aging Cells.* 24(1), 1–14. <https://doi.org/10.1111/acer.14353>
- Park, S., Lee, J., 2021. Modulation of hair growth promoting effect by natural products. *Pharmaceutics.* 13, 1–24. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13122163>
- Pinangkaan, N., 2021. Pengembangan alat penyulingan minyak atsiri dari tangkai bunga cengkeh dengan metode steam hydro distillation development tools essential oil refineries from stalk clove flower with steam hydro distillation method. *Jurnal Masina Nipake.* 1(1), 39–46.
- Pipatpaiboon, N., Parametthanuwat, T., Bhuwakietkumjohn, N., Ding, Y., Li, Y., Sichamnan, S., 2025. Improving the efficiency of essential oil distillation via recurrent water and steam distillation: Application of a 500-l prototype distillation machine and different raw material packing grids. *Agriengineering.* 7. <https://doi.org/10.3390/agriengineering7060175>
- Pradipta, S.A., Ariani, L.W., Sari, W.K., 2025. Optimization of liquid paraffin as an emollient and propylene glycol as a humectant in the formulation of body lotion containing alpha-arbutin. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences.* 13(1), 45–53.
- Prasetyo, E., Kharomah, N.Z.W., Rahayu, T., P., 2021. Ekstrak etanol kulit buah durian (*Durio zibethinnus* L.) dari desa alasmalang kabupaten banyumas. *Jurnal Pharmascience.* 8(1), 75–82.
- Puja Donna, B., Satria Wijaya, L., Abdul Syahid, M., Wulan Karina, S., Saftari

- Handini, Y., 2018. Ekstrak daun seledri (ex-sel) dalam kemasan ekonomis siap minum untuk terapi hipertensi. *Jurnal Abdi Insani*. 5(2).
- Punyani, S., Tosti, A., Hordinsky, M., Yeomans, D., Schwartz, J., 2021. The impact of shampoo wash frequency on scalp and hair conditions. *Skin Appendage Disorders*. 7(3), 183–193. Available At: <https://doi.org/10.1159/000512786>.
- Putri, I.A., Fatimura, M., Husnah, H., Bakrie, M., 2021. Pembuatan minyak atsiri kemangi (*Ocimum basilicum* L.) dengan menggunakan metode distilasi uap langsung. *Jurnal Redoks*. 6, 149–156.
- Rafi, S.A., Elviantari, A., Putu Agus Hendra Wibawa, I., Studi Bioteknologi, P., Ilmu dan Teknologi Hayati, F., Teknologi Sumbawa, U., Riset Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya BRIN, P., Bali, K., 2023. Penyulingan minyak atsiri dari tumbuhan kalistemon kebun raya “eka karya” bali dengan menggunakan metode uap air. *Journal of Life Science and Technology*. 1, 36–41.
- Azizah, R.S., Qotrunnada, N., Suraya, V.S., Ferdiansyah, Y.H., Pratiwi, D.E. 2022. Kajian pustaka pemanfaatan essential oils sebagai aromaterapi dalam perawatan kulit. *Jurnal Farmasi dan Kesehatan Akafarma*. 11, 62–77.
- Rahmawati, D., Dewi, M., 2022. Sosialisasi pengelolaan dan pemanfaatan minyak kemiri untuk kesehatan rambut masyarakat desa sopu. *Jurnal Altifani Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*. 2, 277–284. <https://doi.org/10.25008/altifani.v2i3.244>
- Ramadhanti, A., Nurjanah, S., Widhyasanti, A., Ainina, N., Ginger, R., 2024. Pemodelan kondisi hidrodistilasi minyak atsiri jahe merah (*Zingiber officinale* var. Roscoe) dengan menggunakan *response surface methodology*. *Agrointek*. 18, 429–439. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v18i2.18904>

- Ramdas Kavar, R., Su, W., Akolkar, Borhade, ;, 2024. Herbal extracts for hair growth and skin rejuvenation: a potential solution for hair fall and enhancing skin glow. *International Journal of Nutritional Sciences*.
- Rebora, A., 2019. Telogen effluvium: a comprehensive review. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 583–590. 10.2147/CCID.S200471
- Reich, A., 2024. Evaluation of surface structure and morphological phenomena of caucasian virgin hair with atomic force microscopy. *Medicina*. 60 (2). 10.3390/medicina60020297
- Retnaningsih, A., Budiarti, R.D., Putri, N.A., Berlyana, A., Arkhananta, D.A., Afiva, I.M., Rizki, M., 2023. Pemanfaatan seledri sebagai TOGA dalam upaya pencegahan kolestrol. *Journal of Public Health Concerns*. 3, 142–146. <https://doi.org/10.56922/phc.v3i2.316>
- Riandari, T.M., Martien, R., Murwanti, R., 2023. Tinjauan literatur terbaru pada terapi herbal untuk pengobatan Alepocia. *Heal. Sci. Pharm. J*. 7, 80–86. <https://doi.org/10.32504/hspj.v7i2.874>
- Roldan-Kalil, J., Zueva, L., Alves, J., Tsytsarev, V., Sanabria, P., Inyushin, M., 2023. Amount of melanin granules in human hair defines the absorption and conversion to heat of light energy in the visible spectrum. *Photochem Photobiol*. 99, 1092–1096. <https://doi.org/10.1111/php.13744>
- S, A., R G, S., C R V, N., D, S.K., Geeta Sai, G., 2024. Hair shaft fracture in a young athlete: a rare case report of acquired trichorrhexis nodosa. *Cureus*. 16. <https://doi.org/10.7759/cureus.67341>
- Sa, N., Biologi, P.S., Padang, U.N., 2024. Literature review: peran hormon testosteron terhadap androgenetic alopecia. *Jurnal Farmasi Sains dan Terapan*. 8, 30472–30482.

- Salehi, B., Venditti, A., Frezza, C., Yüçetepe, A., Altuntaş, Ü., Uluata, S., Butnariu, M., Sarac, I., Shaheen, S., Petropoulos, S.A., Matthews, K.R., Kiliç, C.S., Atanassova, M., Adetunji, C.O., Ademiluyi, A.O., Özçelik, B., Fokou, P.V.T., Martins, N., Cho, W.C., Sharifi-Rad, J., 2019. *Apium* plants: beyond simple food and phytopharmacological applications. *Applied Sciences* (Switzerland). <https://doi.org/10.3390/app9173547>
- Salman, K.E., Kucukunal, N.A., 2017. Frequency, severity and related factors of androgenetic alopecia in dermatology outpatient clinic: hospital-based cross-sectional study in Turkey. *An Bras Dermatol.* 92(1), 35–40. 10.1590/abd1806-4841.20175241
- Sari, W.K., Kristantri, R.S., Wigati, D., 2021. Uji iritasi akut dermal masker gel peel off yoghurt susu sapi murni dan susu uht pada kelinci. Repository STIFAR.
- Sekhavat, H., Bar Yehuda, S., Asotra, S., 2025. Using the mechanisms of action involved in the pathogenesis of androgenetic alopecia to treat hair loss. *Int. J. Mol. Sci.* 26, 10712. <https://doi.org/10.3390/ijms262110712>
- Shimizu, Y., Ntege, E.H., Sunami, H., Inoue, Y., 2022. Regenerative medicine strategies for hair growth and regeneration: A narrative review of literature. *Regen. Ther.* 21, 527–539. <https://doi.org/10.1016/j.reth.2022.10.005>
- Shin, D.W., 2022. The molecular mechanism of natural products activating wnt/ β -catenin signaling pathway for improving hair loss. *Life* (Basel, Switzerland). 12. <https://doi.org/10.3390/life12111856>
- Siddiqui, T., Khan, M.U., Sharma, V., Gupta, K., 2024. Terpenoids in essential oils: Chemistry, classification, and potential impact on human health and industry. *Phytomedicine Plus.* 4, 100549.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2024.100549>

- Sipahelut, S.G., 2019. Perbandingan komponen aktif minyak atsiri dari daging buah pala kering cabinet dryer melalui metode distilasi air dan air-uap. *Agritekno, Jurnal Teknologi Pertanian*. 8(1), 8–13. Available At: <https://doi.org/10.30598/Jagritekno.2019.8.1.8>.
- Siswantito, F., Natasya, A., Nugroho, R., Listiarini Iskandar, R., Sitanggang, C.O., Al-Qordhiyah, Z., Rosidah, C., Nurhayati, S., Sari, A., Karawang, S., 2023. Produksi minyak atsiri melalui ragam inovasi. *Inovasi Teknik Kimia*. 8, 178–184.
- Sohrabi, F., Niazmand, S., Mahmoudabady, M., Niazmand, M.J., 2021. The vasodilatory effect of *Apium graveolens* L (celery) seed in isolated rat aorta: The roles of endothelium, calcium and potassium channels. *Avicenna J. Phytomedicine*. 11, 44–53.
- Song, S.H., Park, H.S., Jeon, J., Son, S.K., Kang, N.G., 2023. Hair pores caused by surfactants via the cell membrane complex and a prevention strategy through the use of cuticle sealing. *Cosmetics*. 10. <https://doi.org/10.3390/cosmetics10060161>
- Suchonwanit, P., Thammarucha, S., Leerunyakul, K., 2019. Minoxidil and its use in hair disorders: a review. *Drug Des Devel Ther*. 13, 2777–2786. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S214907>
- Suhery, W.N., Latifah, N., Furi, M., Fadhli, H., Utami, R., 2025. JOPS : Journal of pharmacy and science microemulsion-based delivery of celery (*Apium graveolens* L.) Extract as a Hair Growth Promoter. 9, 1–8.
- Tissot, N., Genty, G., Santoprete, R., Baltenneck, F., Thibaut, S., Michelet, J.-F., Sequeira, I., Bornschlögl, T., 2025. Mapping cell dynamics in human ex vivo

hair follicles suggests pulling mechanism of hair growth. Nat. Commun. 16, 10267. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-65143-x>

Trüeb, R.M., Caballero-Urbe, N., 2022. Minoxidil-induced hypertrichosis in a breastfed infant. J Eur Acad Dermatol Venereol. <https://doi.org/10.1111/jdv.17755>

Todo, H., Oshizaka, T., Komatsu, S., Sugibayashi, K., 2025. Effect of the barrier function of stratum corneum and viable epidermis and dermis on the skin concentration of topically applied chemicals. J. Toxicol. Sci. 50, 187–198. <https://doi.org/10.2131/jts.50.187>

Uronnachi, E., Atuegwu, C., Umeyor, C., Nwakile, C., Obasi, J., Ikeotuonye, C., Attama, A., 2022. Formulation and evaluation of hair growth enhancing effects of oleogels made from Rosemary and Cedar wood oils. Sci. African. 16, e01223. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01223>

Uyama, M., 2024. Recent progress in hair science and trichology. J Oleo Sci. 837, 825–837.

Valarezo, E., Paucar-Costa, J., Morales-Guamán, B., Caraguay-Martínez, A., Jaramillo-Fierro, X., Cumbicus, N., Meneses, M.A., 2025. Chemical and biological study of the essential oil isolated from fruits of citrus x limonia. Plants. 14, 705. <https://doi.org/10.3390/plants14050705>

Van Der Goot, M.H., Kooij, M., Stolte, S., Baars, A., Arndt, S.S., van Lith, H.A., 2021. Incorporating inter-individual variability in experimental design improves the quality of results of animal experiments. PLoS One. 16, 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255521>

Veteriner dan Biomedis, J., Martha Ludi Miftahurahma, N., Manalu, W., Zahid Ilyas, A. 2023. Efektivitas minyak kemiri (*Aleurites moluccana* L.) sebagai

penumbuh rambut pada tikus (*Rattus norvegicus*) (The effects of candlenut oil (*Aleurites moluccana* L.) as hair growth promoters on rats (*Rattus norvegicus*)). International License (CC-BY-SA).
<https://doi.org/10.29244/jvetbiomed.1.2.65-71>

Viveiros, E.P., Carvalho, A.L.M., Lopes, T.B. de C., Ramos, I.F. da S., Alves, P.N.N., 2023. Essential oils in androgenetic alopecia management: An integrative review, in: Development and its applications in scientific knowledge. Seven Editora. <https://doi.org/10.56238/devopinterscie-161>

Wall, D., Meah, N., Fagan, N., York, K., Sinclair, R., 2022. Advances in hair growth. *Fac. Rev.* 11, 1. <https://doi.org/10.12703/r/11-1>

Wang, W.-H., Ramos, R., Tai, K.-Y., Wu, Y.-S., Chang, T.-Y., Yan, J.-Y., Plikus, M. V, Oh, J.W., Lin, S.-J., 2023. Studying hair growth cycle and its effects on mouse skin. *J. Invest. Dermatol.* 143, 1638–1645.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jid.2023.04.015>

Wahyudi Tri Nugroho, Ilham Faruqi Faris, Kurniawan Irwan, Sanjaya Susandy Ari, 2017. Rancangan alat distilasi untuk menghasilkan kodensat dengan metode distilasi satu tingkat. *Jurnal Chemurgy.* 1, 30–33.

Weir, C.B., St.Hilaire, N.J., 2025. Epidermal inclusion cyst. Treasure Island (FL).

Welle, M.M., 2023. Basic principles of hair follicle structure , morphogenesis , and regeneration. *Vet Pathol.* 60(6), 732-747.
<https://doi.org/10.1177/03009858231176561>

Welle, M.M., Wiener, D.J., 2016. The hair follicle: A comparative review of canine hair follicle anatomy and physiology. *Toxicol Pathol.* 44, 564–574.
<https://doi.org/10.1177/0192623316631843>

- Widiyanto, A., Siarudin, M., 2016. Karakteristik daun dan rendemen minyak atsiri lima jenis tumbuhan kayu putih (characteristics of leaf and essential oil yield of five cajuput tree species). J. Penelit. Has. Hutan. 31, 235–241. <https://doi.org/10.20886/jphh.31.4.235-241>
- Widyaningsih, L., Andari, S., 2024. Physical stability test of hair growth cream preparation from ethanol extract of celery leaves (*Apium graveolens* L.) Uji stabilitas fisik sediaan krim penumbuh rambut dari ekstrak etanol daun seledri (*Apium graveolens* L.). Duta Pharma Journal. 4(2). <https://doi.org/10.47701/1nppcv94>
- Widyaningsih, L., Ratna Yuniar, C., Nasruhan Arifianto, I., Analisis Farmasi dan Makanan Sunan Giri Ponorogo, A., 2024. Uji aktivitas sediaan krim penumbuh rambut dari ekstrak etanol daun seledri (*Apium graveolens* L.) Pada kelinci jantan. Duta Pharma Journal. 4, 2830–7054. <https://doi.org/10.47701/djp.v4i2.4264>
- Wilson, T.M., Poulson, A., Packer, C., Carlson, R.E., Buch, R.M., 2021. Essential oil profile and yield of corolla, calyx, leaf, and whole flowering top of cultivated *Lavandula angustifolia* Mill. (*Lamiaceae*) from Utah. Molecules. 26, 2343. <https://doi.org/10.3390/molecules26082343>
- Woźniacka, A., Tokarska, K., Żmuda, B., 2025. Assessment of vascular circulation in alopecia areata using the FMSF technique. J. Clin. Med. 14, 3469. <https://doi.org/10.3390/jcm14103469>
- Wortmann, F., Springob, C., Sendelbach, G., 2016. Investigations of cosmetically treated human hair by differential scanning calorimetry in water Investigations of cosmetically treated human hair by differential scanning calorimetry in water. Journal of Cosmetic Science. 53(4).
- Yadav, G.V., Khunger, S., Kunal, 2023. Allergic contact dermatitis due to chemical

- agents and microbial contamination in cosmetic products: A review. *J Pure Appl Microbiol.* <https://doi.org/10.22207/JPAM.17.3.04>
- Yang, F., Zhang, Y., Rheinst, M.C., 2016. The structure of people's hair. *PeerJ.* <https://doi.org/10.7717/peerj.619>
- Yang, N., Ai, X., Cheng, K., Wu, Y., Lu, Z., Liu, Z., Guo, T., Feng, N., 2024. A compound essential oil alters stratum corneum structure, potentially promoting the transdermal permeation of hydrophobic and hydrophilic ingredients. *Curr. Drug Deliv.* 21, 744–752. <https://doi.org/10.2174/1567201820666230120122206>
- Ngelu, Y.F., Marbun, D.F., Sihombing, M.A., Manalu, Y., Ate, R.K.M.V., Riswanto, D.O.F., 2022. Potensi ekstrak seledri (*Apium graveolens* L.) sebagai antibakteri antibacterial potential of celery (*Apium graveolens* L.) extract. *Jurnal Jamu Kusuma.* 2(1). <https://doi.org/10.37341/jurnaljamukusuma.v2i1.22>
- Yorulmaz, A., Hayran, Y., Ozdemir, A.K., Sen, O., Genc, I., Gur Aksoy, G., Yalcin, B., 2022. Telogen effluvium in daily practice: Patient characteristics, laboratory parameters, and treatment modalities of 3028 patients with telogen effluvium. *J Cosmet Dermatol.* 21, 2610–2617. <https://doi.org/10.1111/jocd.14413>
- Yuan, Y., Huang, M., Pang, Y.X., Yu, F.L., Chen, C., Liu, L.W., Chen, Z.X., Zhang, Y.B., Chen, X.L., Hu, X., 2016. Variations in essential oil yield, composition, and antioxidant activity of different plant organs from *Blumea balsamifera* (L.) DC. at different growth times. *Molecules.* 21. <https://doi.org/10.3390/molecules21081024>
- Yum, S., Jeong, S., Kim, D., Lee, S., Kim, W., Yoo, J.W., Kim, J.A., Kwon, O.S., Kim, D.D., Min, D.S., Jung, Y., 2018. Minoxidil induction of VEGF is

- mediated by inhibition of HIF-prolyl hydroxylase. *Int J Mol Sci.* 19. <https://doi.org/10.3390/ijms19010053>
- Yustin, W.E.F., 2018. Efektivitas minoxidil sebagai terapi alopecia areata. *J. Fak. Ilmu Kesehat. Kulit dan Kelamin Fak. Kedokt. Univ. Udayana.* 1–21.
- Zebua, I.M.C., Salman, S., Febriani, Y., Nadia, S., 2024. Studi formulasi masker rambut polih herbal ekstrak seledri (*Apium graveolens* L.) dan minyak alpukat. *Forte Journal.* 4, 104–113. <https://doi.org/10.51771/fj.v4i1.751>
- Zhang, H.L., Qiu, X.X., Liao, X.H., 2024. Dermal papilla cells: From basic research to translational applications. *Biology (Basel).* 13, 1–18. <https://doi.org/10.3390/biology13100842>
- Zhang, N., Wang, Y., Wang, J., Zhang, L., Sun, H., Yuan, X., Wang, S., Wang, C., Li, X., 2024. Transcriptomic analysis of regulatory mechanisms in the telogen-anagen transition of ovine hair follicles. *BMC Genomics.* <https://doi.org/10.1186/s12864-024-11059-7>
- Zhao, L., Chen, J., Bai, B., Song, G., Zhang, J., Yu, H., Huang, S., Wang, Z., Lu, G., 2023. Topical drug delivery strategies for enhancing drug effectiveness by skin barriers, drug delivery systems and individualized dosing. *Front. Pharmacol.* 14, 1–29. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1333986>
- Zhou, T., Chen, Y., Zhao, B., Hu, S., Li, J., Liu, M., Liang, S., Bao, Z., Wu, X., 2020. Characterization and functional analysis of SIAH1 during skin and hair follicle development in the angora rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Hereditas.* 157, 10. <https://doi.org/10.1186/s41065-020-00126-0>