

instiper 4

skripsi_21992_Stelah semhas

 September 16th, 2024

 Cek Plagiat

 INSTIPER

Document Details

Submission ID

trn:oid::1:3009483066

Submission Date

Sep 16, 2024, 10:09 AM GMT+7

Download Date

Sep 16, 2024, 10:12 AM GMT+7

File Name

SKRIPSI_FULL_TEXT_LEDYNA.docx

File Size

898.5 KB

50 Pages

7,488 Words

48,110 Characters




9% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text

Top Sources

- 7%  Internet sources
- 4%  Publications
- 2%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 7% Internet sources
- 4% Publications
- 2% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	repository.its.ac.id	1%
2	Internet	text-id.123dok.com	0%
3	Internet	123dok.com	0%
4	Internet	id.scribd.com	0%
5	Publication	Rizki Andika. "PENERAPAN MODEL EXPONENSIAL DAN LOGISTIK DALAM PREDIKSI...	0%
6	Publication	Fatkur Rozak. "PREDIKSI JUMLAH KUNJUNGAN PASIEN RAWAT JALAN MENGGUN...	0%
7	Internet	repository.ub.ac.id	0%
8	Internet	www.coursehero.com	0%
9	Internet	repository.ipb.ac.id:8080	0%
10	Internet	repository.radenintan.ac.id	0%
11	Internet	ejournal.uika-bogor.ac.id	0%

12	Internet	jurnal.umt.ac.id	0%
13	Publication	Munir Mandviwalla. "What do groups need? A proposed set of generic groupware..."	0%
14	Internet	docplayer.info	0%
15	Internet	www.infosawit.com	0%
16	Internet	vdocuments.mx	0%
17	Student papers	Universitas Muhammadiyah Sidoarjo	0%
18	Internet	repo.palcomtech.ac.id	0%
19	Internet	journal.ipb.ac.id	0%
20	Internet	mafiadoc.com	0%
21	Student papers	STIE Perbanas Surabaya	0%
22	Student papers	Universitas Putera Batam	0%
23	Internet	frangao.net	0%
24	Internet	staidk.ac.id	0%
25	Student papers	Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia	0%

26	Publication	Fauzan Fauzan. "PENGARUH MATA KULIAH KEWIRAUSAHAAN DAN LOCUS OF CO...	0%
27	Internet	www.jurnalp4i.com	0%
28	Student papers	Universitas Pelita Harapan	0%
29	Internet	artikelpendidikan.id	0%
30	Internet	ojs.unud.ac.id	0%
31	Student papers	Universitas Diponegoro	0%
32	Publication	Yovita Florida Seran, Charles V. Lisnahan, Theresia I. Purwantiningsih. "Pengaruh ...	0%
33	Internet	anzdoc.com	0%
34	Internet	core.ac.uk	0%
35	Internet	eprints.uny.ac.id	0%
36	Internet	erepo.unud.ac.id	0%
37	Internet	forge.agroparistech.fr	0%
38	Internet	surgapetani.blogspot.my	0%
39	Internet	www.scribd.com	0%

40	Publication	Destiana Arinda, Ridho Riadi Akbar. "Pengaruh Gaya Kepemimpinan dan Disiplin ...	0%
41	Publication	Moh. Yushi Assani, Kusrini Kusrini, Kusnawi Kusnawi. "ANALISIS KEJADIAN STUN...	0%
42	Publication	Pandu Adi Cakranegara. "RISIKO UTAMA DAN PENGARUHNYA PADA PROFITABILI...	0%
43	Publication	Wahyuni Eka Sari, Muslimin Muslimin, Annafi Franz, Putu Sugiartawan. "Deteksi T...	0%
44	Internet	ebook.library.perbanas.ac.id	0%
45	Internet	empleador.net	0%
46	Internet	eprints.mdp.ac.id	0%
47	Internet	es.scribd.com	0%
48	Internet	fap-agri.com	0%
49	Internet	humaniora.journal.ugm.ac.id	0%
50	Internet	jurnal.stie.asia.ac.id	0%
51	Internet	konsultasiskripsi.com	0%
52	Internet	media.neliti.com	0%
53	Internet	repositori.usu.ac.id	0%

54	Internet	repository.unika.ac.id	0%
55	Internet	www.jurnal.unsyiah.ac.id	0%
56	Internet	yohanesputrasuhito-fisip14.web.unair.ac.id	0%
57	Publication	Fadhil Muhammad Indrapraja. "Analisis Terhadap Sertifikasi Minyak Kelapa Sawit..."	0%
58	Publication	Fathur Rachman, Sujadi Sujadi, Heri Adriwan Siregar, Yurna Yenni. "PENDEKATAN..."	0%
59	Internet	repository.trisakti.ac.id	0%

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri kelapa sawit merupakan sektor penting di negara-negara tropis seperti Indonesia, yang berperan signifikan dalam ekonomi nasional. Kelapa sawit bisa menghasilkan minyak hingga 3,8 ton per hektar per tahun. (Kushairi et al., 2019). Kualitas *Losses* dan rendemen *Oil Extraction Rate* (OER) menjadi dua indikator utama yang menentukan efisiensi dan kualitas produksi minyak sawit. Rata-rata OER di industri kelapa sawit Indonesia berkisar sekitar 22,7%, dengan optimalisasi kematangan buah TBS mampu meningkatkan efisiensi ekstraksi hingga 5-10% dan mengurangi *Losses* secara signifikan. (First Resources, 2021). Naidu & Moorthy (2021) menyatakan bahwa dalam upaya mencapai keberlanjutan produksi minyak sawit, peningkatan OER dan pengurangan *Losses* menjadi prioritas utama.

Studi yang dilakukan oleh Nuryadi et al., (2021) menekankan bahwa kualitas TBS, termasuk kematangan dan kondisi penyimpanan, memiliki korelasi langsung terhadap tingkat OER dan kuantitas *Losses* dalam proses ekstraksi minyak sawit. Penelitian Ruml et al., (2022) menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti kematangan buah, metode pengolahan, dan kondisi lingkungan sangat mempengaruhi OER dan kualitas *Losses*. Kematangan TBS sangat menentukan kualitas minyak mentah yang dihasilkan serta efisiensi proses ekstraksi.

1 Memeriksa studi terdahulu untuk menyusun uraian mengenai pengaruh kematangan tandan buah segar (TBS) terhadap kualitas rendemen *Oil Extraction Rate* (OER). Berdasarkan penelusuran, beberapa penelitian telah mengeksplorasi berbagai faktor yang mempengaruhi OER, termasuk tingkat kematangan buah dan kondisi penyimpanan TBS. Penelitian oleh Nuryadi et al., (2021) memfokuskan pada faktor-faktor yang mempengaruhi OER dari TBS, menekankan pentingnya pemilihan buah yang tepat dan penanganan yang hati-hati untuk memastikan kualitas dan kuantitas minyak yang optimal. Namun, penelitian ini tidak menjelaskan secara mendalam mengenai pengaruh kematangan buah, yang menjadi fokus utama dalam studi ini.

Penelitian-penelitian terbaru menunjukkan bahwa meskipun ada banyak faktor yang berperan dalam produksi OER, tingkat kematangan TBS tetap menjadi elemen penting yang perlu diteliti lebih lanjut. Penelitian yang akan dilakukan ini akan mencakup analisis mendalam mengenai kematangan TBS dan bagaimana penerapan inovasi teknologi dapat meningkatkan kualitas rendemen OER. Kematangan buah yang ideal dapat meningkatkan rendemen minyak dan mengurangi *Losses* selama proses ekstraksi.

2 Namun, menentukan tingkat kematangan yang optimal seringkali menjadi tantangan karena dipengaruhi oleh berbagai variabel seperti kondisi iklim, jenis tanah, dan praktek agronomi. Oleh karena itu, penelitian yang lebih mendalam mengenai hubungan antara tingkat kematangan TBS dan OER sangat diperlukan untuk memberikan panduan praktis bagi industri kelapa sawit.

Dengan pengalaman dan inovasi teknologi saat ini, tingkat kematangan TBS memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas *Losses* dan rendemen *Oil Extraction Rate* (OER). Tingkat kematangan yang tepat dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi minyak, mengurangi *Losses*, dan meningkatkan rendemen secara keseluruhan. Analisis korelasi antara kematangan TBS dan OER menunjukkan potensi peningkatan hingga 20% dalam rendemen minyak jika TBS dipanen pada tingkat kematangan optimal.

59 Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan pengaruh signifikan tingkat kematangan TBS terhadap optimalisasi OER, yang diharapkan dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat dan efisien di industri kelapa sawit. Melalui evaluasi yang komprehensif terhadap korelasi antara kematangan TBS dan OER, diharapkan akan ditemukan tingkat kematangan optimal yang dapat meminimalkan *Losses* hingga titik terendah serta meningkatkan rendemen OER secara signifikan. Urgensi dari penelitian ini terletak pada kebutuhan mendesak untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas industri kelapa sawit dalam rangka menghadapi tantangan global dan dinamika pasar yang semakin kompetitif.

35 Dengan mempertimbangkan variasi tingkat kematangan TBS yang diterima di pabrik masih menjadi perhatian, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar untuk menerapkan standar baru dalam manajemen kualitas bahan baku, serta mendorong penggunaan teknologi penginderaan dan spektroskopi untuk mengukur tingkat kematangan dengan lebih akurat. Secara jangka panjang, penelitian ini memiliki potensi untuk memberikan kontribusi yang signifikan terhadap inovasi teknologi dan praktik agronomi yang lebih terintegrasi dan adaptif terhadap perubahan

15 lingkungan, sehingga dapat memajukan industri kelapa sawit Indonesia ke arah yang lebih berkelanjutan dan kompetitif di tingkat global.

29 Penelitian dilakukan di pabrik kelapa sawit di Sumatera, dipilih karena lokasinya di salah satu pusat produksi kelapa sawit terbesar di Indonesia, yang memiliki peran penting dalam menyediakan data yang relevan dan representatif untuk analisis tingkat kematangan Tandan Buah Segar (TBS) terhadap *Losses* dan *Oil Extraction Rate* (OER). Populasi yang diteliti mencakup semua TBS yang di grading di pabrik tersebut, yang memberikan gambaran komprehensif terhadap variasi kematangan TBS yang masuk ke dalam proses produksi. Alasan utama pemilihan populasi ini adalah karena populasi tersebut secara langsung mencerminkan kualitas dan potensi kerugian (*Losses*) serta rendemen minyak (OER) yang akan dihasilkan.

1

Penggunaan data harian dari jumlah TBS yang diolah, persentase tingkat kematangan TBS, data *Losses* harian serta data OER harian juga akan dianalisis. Pemilihan sampel ini didasarkan pada keperluan untuk mendapatkan insight spesifik terkait bagaimana setiap tingkat kematangan TBS berpengaruh terhadap *Losses* dan efisiensi ekstraksi minyak, serta untuk mengidentifikasi potensi intervensi yang dapat diterapkan untuk meminimalkan *Losses* dan mengoptimalkan OER.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh antara tingkat kematangan Tandan Buah Segar (TBS) dengan jumlah *Losses* pada proses ekstraksi minyak kelapa sawit?
2. Bagaimana pengaruh tingkat kematangan Tandan Buah Segar (TBS) terhadap rendemen *Oil Extraction Rate* (OER) dalam produksi minyak kelapa sawit?
3. Bagaimana tingkat kematangan Tandan Buah Segar (TBS) dapat memengaruhi efisiensi ekstraksi minyak dan mengurangi jumlah *Losses* pada proses produksi.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengumpulkan data *Grading* tingkat kematangan Tandan Buah Segar (TBS), data hasil *Losses* dan data hasil rendemen *Oil Extraction Rate* (OER).
2. Menganalisis hasil tingkat kematangan Tandan Buah Segar (TBS) terhadap *Losses* dan rendemen *Oil Extraction Rate* (OER) dalam produksi minyak kelapa sawit menggunakan Regresi Linear Berganda.
3. Menganalisis hasil tingkat kematangan Tandan Buah Segar (TBS) terhadap *Losses* dan rendemen *Oil Extraction Rate* (OER) dalam produksi minyak kelapa sawit menggunakan model Random Forest.
4. Membandingkan kinerja model Regresi Linear Berganda dan Random Forest dalam menganalisis Dampak Tingkat Kematangan Tandan Buah Segar (TBS) terhadap *Losses* dan rendemen *Oil Extraction Rate* (OER) pada

produksi minyak kelapa sawit, untuk menentukan model yang menghasilkan analisis paling akurat dan efektif.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat praktis yang signifikan bagi berbagai pihak dalam industri kelapa sawit. Bagi industri kelapa sawit, hasil penelitian ini menyediakan informasi berharga yang dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi proses ekstraksi minyak kelapa sawit. Selain itu, temuan penelitian ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan terkait penentuan tingkat kematangan optimal Tandan Buah Segar (TBS) untuk memaksimalkan rendemen *Oil Extraction Rate* (OER) dan meminimalkan *Losses*. Bagi petani kelapa sawit, penelitian ini memberikan pedoman penting dalam menentukan waktu panen yang tepat untuk menghasilkan TBS dengan kualitas optimal, yang pada gilirannya dapat meningkatkan nilai ekonomi hasil panen mereka. Sementara itu, bagi pemerintah, penelitian ini menyediakan data ilmiah yang dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pembuatan kebijakan terkait standar kualitas TBS dan efisiensi produksi minyak kelapa sawit, yang berpotensi meningkatkan daya saing industri kelapa sawit nasional.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa Sawit dan industri Minyak Sawit

Salah satu tanaman penghasil minyak nabati paling produktif di dunia adalah kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). Tanaman ini memiliki potensi ekonomi yang luar biasa, khususnya untuk negara-negara tropis, seperti Indonesia, karena terbesar dalam industri produksi minyak sawit dunia. Keberhasilan industri ini berperan dalam peningkatan perekonomian negara sebagai produsen minyak sawit terbesar di dunia, serta dalam pendirian dan pengembangan ekonomi lokal dan nasional. Sebagai penghasil kelapa sawit di dunia, industri kelapa sawit telah menyediakan lapangan pekerjaan sebesar 16 juta tenaga kerja baik secara langsung maupun tidak langsung.

Hal tersebut juga mencakup penghasilan deviasi negara melalui ekspor minyak sawit, lapangan kerja, dan infrastruktur daerah pedesaan. Perhatian utama harus diberikan pada praktik-praktik keberlanjutan karena industri ini sering dikaitkan dengan deforestasi dan kerusakan lingkungan. Dalam hal ini, peningkatan efisiensi produksi minyak kelapa sawit adalah pengoptimalan proses dalam pengolahan minyak dari Tandan Buah Segar. Ini secara langsung tergantung pada kelayakan buah dan penggunaan metode pengolahan teknologi modern. (Haryo Limanseto et al., 2021)

2.2 Tingkat Kematangan Tandan Buah Segar (TBS)

Tingkat kematangan buah segar (TBS) kelapa sawit merupakan aspek penting dalam menentukan kualitas dan kuantitas minyak sawit yang dihasilkan.

Berikut kriteria tersebut :

- a. Berat TBS minimal mencapai 10 kg. berat yang kurang dari itu menunjukkan bahwa TBS tersebut belum matang secara menyeluruh.
- b. Warna TBS berwarna merah atau oranye. Perubahan warna dari kehitaman menjadi jingga menunjukkan TBS telah matang.
- c. Lama waktu setelah penyerbukan buah kelapa sawit sekitar 6 bulan setelah terjadi penyerbukan dan pembuahan.
- d. Kadar kotoran maksimal 6% jika melebihi dapat menunjukkan bahwa buah telah terkontaminasi dan tidak segar.
- e. Kadar lumpur maksimal 3% .
- f. Kadar air maksimal 30 % jika lebih tinggi menunjukkan buah masih basah atau muda belum matang.
- g. Kadar asam lemak bebas maksimal 5% jika lebih tinggi menunjukkan buah telah teroksidasi dan tidak segar lagi.

2.3 Proses Grading Pemilihan Tandan Buah Segar

Sortasi Tandan Buah Segar (TBS) merupakan suatu cara yang dilakukan untuk mengetahui kualitas dari Tandan Buah Segar (TBS) yang masuk ke pabrik. Penyortiran dilakukan terhadap tingkat kematangan buah dan keabnormalan yang mungkin terjadi pada buah, pada stasiun sortasi juga dilakukan grading. Grading bertujuan untuk mengetahui kualitas dari tandan buah segar (TBS) yang masuk ke pabrik dan sebagai laporan balik ke kebun (Estate) akan kualitas tandan buah segar (TBS) yang dikirim, serta sebagai salah satu parameter yang akan mengetahui rendemen di pabrik dan kualitas minyak yang akan dihasilkan

1. Stasiun penerimaan dan penimbangan.

Stasiun penerimaan merupakan stasiun pertama dalam proses pengolahan tandan buah segar (TBS) di pabrik kelapa sawit. Di stasiun ini, buah sawit diterima dari perkebunan, berat TBS akan dicatat untuk perhitungan hasil produksi dan diperiksa mutunya.

2. Proses Pemeriksaan Kualitas

Petugas akan melakukan pemeriksaan visual terhadap kondisi fisik TBS. Buah akan diiris untuk memeriksa bagian dalamnya dan memastikan tidak ada kerusakan atau penyakit.

3. Proses Pengambilan Sampel

Petugas akan mengambil sampel TBS dari beberapa bagian truk menggunakan sampling spear. Sampel akan diambil secara acak untuk memastikan representativitasnya. pengambilan sampel secara acak dan

representatif sangat esensial dalam penelitian ini. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang memengaruhi kualitas sampel, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan

4. Proses Pengelompokan dan Penilaian

TBS akan dikelompokkan berdasarkan tingkat kematangan dan kondisi fisiknya. Hasil pengelompokan akan dicatat dan dilaporkan. Hasil dari analisis ini akan memberikan gambaran yang jelas tentang kualitas dan nilai dari TBS yang telah terkumpul. Data yang dihasilkan dari analisis ini akan digunakan untuk menentukan langkah selanjutnya dalam proses pengolahan TBS. Di samping itu, hasil analisis ini juga akan menjadi dasar untuk memberikan rekomendasi terkait peningkatan kualitas dan nilai dari TBS yang dihasilkan. Data ini akan digunakan untuk menentukan nilai dan kualitas TBS.

Fraksi buah pada tandan buah sawit berperan sebagai indikator krusial dalam menentukan tingkat kematangan buah dan kualitas minyak kelapa sawit yang dihasilkan. Di Indonesia dan Malaysia, fraksi buah kerap dijadikan acuan dalam proses pengolahan tandan buah sawit (TBS) menjadi minyak kelapa sawit. Fraksi buah dibagi ke dalam beberapa kategori yang berbeda berdasarkan tingkat kematangan buahnya, dimulai dari buah yang sangat mentah hingga buah yang sudah lewat matang. Berikut penjelasannya :

- a) Fraksi 0, yang masuk dalam kategori sangat mentah, ditandai dengan seluruh buah berwarna hitam, tidak ada yang terlepas dari tandan, dan memiliki kandungan minyak yang sangat minim. Kategori ini umumnya tidak diinginkan dalam pengolahan TBS karena rendahnya kandungan

minyak. Kemudian, fraksi 0, yang dikategorikan sebagai buah mentah, sebagian besar buahnya berwarna hitam atau ungu gelap, dengan kandungan minyak yang tetap rendah.

- b) Fraksi 1, yang termasuk kategori kurang matang, terdapat peningkatan tingkat kematangan buah dengan 12,5-25% buah berwarna kemerahan dan 1-5 buah mulai terlepas dari tandan. Kandungan minyak mulai meningkat pada fraksi ini, meski belum mencapai optimal.
- c) Fraksi 2 atau kategori matang tahap 1, memiliki 25-50% buah berwarna kemerahan dan 5-10 buah terlepas dari tandan, dengan kandungan minyak yang meningkat tajam dibandingkan fraksi sebelumnya.
- d) Fraksi 3 atau kategori matang tahap 2, memiliki 50-75% buah berwarna kemerahan dan 10-50% buah terlepas dari tandan. Pada fraksi ini, kandungan minyak sudah dalam kondisi optimal, menjadikan buah pada tahap ini sangat ideal untuk proses pengolahan minyak kelapa sawit.
- e) Fraksi 4 yang merupakan kategori matang tahap 3, memiliki 75-100% buah berwarna kemerahan dengan lebih dari 50% buah terlepas dari tandan—meski kandungan minyaknya tinggi, risiko peningkatan asam lemak bebas juga tinggi.
- f) Fraksi 5 yang dikategorikan sebagai buah lewat matang, ditandai dengan seluruh buah berwarna kemerahan hingga kecoklatan dan lebih dari 90% buah terlepas dari tandan. Risiko peningkatan asam lemak bebas sangat tinggi pada fraksi ini, sehingga biasanya buah dalam kategori ini tidak diinginkan dalam proses pengolahan minyak kelapa sawit.

Selain faktor-faktor yang telah diuraikan sebelumnya, ada beberapa aspek tambahan yang juga perlu dipertimbangkan dalam proses penilaian Tandan Buah Segar (TBS). Aspek-aspek ini mencakup tekstur kulit, warna, dan ukuran buah.

- a) **Tekstur Kulit:** Salah satu komponen penting dalam menilai kualitas TBS adalah tekstur kulit buah. Kulit buah yang halus dan utuh menunjukkan tingkat kematangan yang baik. Sebaliknya, kulit buah yang kasar atau rusak dapat mengindikasikan adanya masalah selama proses pertumbuhan. Selain itu, tekstur kulit yang terlalu lembut juga bisa menjadi pertanda bahwa buah tersebut tidak dalam kondisi optimal.
- b) **Warna Buah:** Warna buah juga menjadi indikator penting dalam penilaian TBS. Buah dengan warna yang cerah dan merata menunjukkan kematangan yang baik. Sebaliknya, buah dengan warna gelap atau tidak merata mungkin menunjukkan adanya masalah selama proses pertumbuhan. Warna yang terlalu terang atau terlalu pudar juga dapat menandakan bahwa buah tersebut tidak dalam kondisi baik.
- c) **Ukuran Buah:** Ukuran buah merupakan faktor lain yang harus diperhatikan dalam penilaian TBS. Buah yang memiliki ukuran sesuai dengan standar varietas menunjukkan kualitas yang baik. Sebaliknya, buah yang terlalu kecil atau terlalu besar dapat menandakan adanya masalah dalam proses pertumbuhan. Ukuran buah yang tidak konsisten juga dapat menandakan bahwa buah tersebut tidak dalam kondisi optimal.

Kriteria utama untuk menentukan Tingkat kematangan tandan buah segar :

A. Buah normal :

Warna Buah: Mentah: Berwarna hitam atau ungu gelap. Kurang Matang: Berwarna merah kecoklatan. Matang: Berwarna oranye kemerahan. Lewat Matang: Berwarna oranye kecoklatan. Jumlah Buah Lepas (Brondolan): Mentah: Tidak ada buah yang terlepas. Kurang Matang: 1-9% buah luar terlepas. Matang: 10-50% buah luar terlepas. Lewat Matang: Lebih dari 50% buah luar terlepas. Kondisi Mesocarp (Daging Buah): Mentah: Keras dan berwarna putih. Kurang Matang: Mulai berwarna kuning dan masih keras. Matang: Berwarna oranye, lunak, dan berminyak. Lewat Matang: Berwarna oranye tua dan sangat lunak. Kemudahan Buah Dilepas: Mentah: Sangat sulit dilepas. Kurang Matang: Sulit dilepas. Matang: Mudah dilepas dengan sedikit tekanan. Lewat Matang: Sangat mudah dilepas, bahkan tanpa tekanan. Kondisi Kernel (Inti Sawit): Mentah: Lunak dan berwarna putih. Kurang Matang: Mulai mengeras dengan warna putih keabuan. Matang: Keras dan berwarna abu-abu gelap. Lewat Matang: Sangat keras dan berwarna hitam.

B. Buah Abnormal :

Buah Partenokarpi: Tidak memiliki kernel. Ukuran lebih kecil dari buah normal. Warna cenderung lebih pucat. Kandungan minyak lebih rendah. Buah Janjang Kosong: Tandan tanpa buah atau dengan sangat sedikit buah. Spikelet (tangkai buah) kering dan kosong. Buah Batu

(Hard Bunch): Buah tidak berkembang normal. Mesocarp sangat keras bahkan saat matang. Warna cenderung lebih gelap. Sulit dilepaskan dari tandan. Buah Memanjang (Long Fruit): Bentuk buah tidak normal, memanjang. Ukuran kernel lebih kecil dari normal. Kandungan minyak bisa lebih rendah. Buah Terserang Hama/Penyakit: Warna tidak seragam, bisa terdapat bercak atau luka. Bentuk bisa tidak normal. Perkembangan tidak sesuai dengan tingkat kematangan normal.

Kriteria Tambahan untuk Membedakan Buah Normal dan Abnormal

Ukuran dan Bentuk: Normal: Ukuran seragam dan bentuk bulat hingga lonjong. Abnormal: Ukuran tidak seragam dan bentuk sangat bervariasi.

Distribusi Buah pada Tandan: Normal: Buah terdistribusi merata pada tandan. Abnormal: Distribusi tidak merata, ada bagian tandan yang kosong.

Kandungan Minyak: Normal: Sesuai dengan tingkat kematangan. Abnormal: Bisa jauh lebih rendah atau tidak konsisten.

Perkembangan Buah: Normal: Perkembangan sesuai dengan umur dan kondisi lingkungan. Abnormal: Perkembangan terhambat atau tidak sesuai.

5. Proses Pencatatan dan Pelaporan

Semua hasil grading akan dicatat dalam formulir grading. Dalam menyusun laporan hasil grading, beberapa hal harus diperhatikan. Pertama, laporan harus disusun dengan rapi dan sistematis agar mudah dipahami oleh manajemen. Selain itu, laporan harus mencakup seluruh hasil grading secara detail, mulai dari metode yang digunakan, hasil grading setiap karyawan, hingga

rekomendasi perbaikan yang diperlukan. Selanjutnya, aspek keamanan data juga penting dalam penyusunan laporan hasil grading.

Data hasil grading adalah informasi sensitif yang harus dijaga kerahasiaannya. Karenanya, pastikan untuk tidak menyertakan informasi pribadi atau rahasia tanpa izin dari pihak terkait dalam laporan tersebut. Laporan hasil grading juga perlu menyertakan analisis mendalam terkait hasil grading yang telah dilakukan. Analisis ini akan membantu manajemen untuk memahami kondisi karyawan dengan lebih baik serta mengidentifikasi area yang butuh perbaikan atau peningkatan. Laporan hasil grading akan disampaikan kepada manajemen untuk langkah selanjutnya.

2.4 Hubungan antara Tingkat Kematangan Tandan Buah Segar dengan Losses dan Rendemen Oil Extraic Rate

Tingkat kematangan tandan buah segar merupakan faktor yang sangat penting dalam industri kelapa sawit karena berdampak pada hasil minyak yang dihasilkan. kematangan TBS biasanya dibagi menjadi empat tingkatan: buah masih mentah, kurang matang, matang, dan terlalu matang. Setiap tingkat kematangan memiliki ciri fisik dan kimia yang berbeda, yang akan memengaruhi proses ekstraksi minyak. (Cherie et al., 2020)

Mengenai kerugian atau kehilangan minyak dalam industri kelapa sawit, penting untuk memahami bahwa tingkat kematangan Tandan Buah Segar (TBS) memiliki hubungan langsung dengan jumlah kerugian yang terjadi. Hal ini menegaskan bahwa pengelolaan kematangan TBS dengan baik dapat

mengurangi kerugian dan meningkatkan efisiensi produksi minyak kelapa sawit.

45 Berdasarkan (Nuryadi et al., 2021), kerugian dalam industri kelapa sawit bisa terjadi sepanjang proses produksi, mulai dari panen hingga pengolahan di pabrik. Faktor-faktor seperti teknik panen yang kurang tepat, transportasi yang tidak efisien, dan pengolahan yang tidak optimal dapat memicu kerugian yang signifikan. Oleh karena itu, penting untuk memberikan perhatian pada setiap tahapan produksi minyak kelapa sawit guna mengurangi jumlah kerugian yang terjadi.

Salah satu metode untuk mengurangi kerugian dalam industri kelapa sawit adalah dengan meningkatkan kualitas dan efisiensi proses produksi. Penggunaan teknologi canggih dalam proses panen dan pengolahan TBS dapat secara signifikan mengurangi kerugian. Selain itu, pemantauan ketat terhadap setiap tahapan produksi juga bisa membantu mengidentifikasi penyebab kerugian dan mengambil tindakan preventif yang tepat. (Pitoyo, 2021)

Disamping itu, penting juga untuk memperhatikan faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi jumlah kerugian dalam industri kelapa sawit. Perubahan iklim dan kondisi cuaca ekstrem dapat meningkatkan risiko kerugian dalam produksi minyak kelapa sawit. Oleh karena itu, pengelolaan berkelanjutan dan adaptasi terhadap perubahan lingkungan menjadi kunci dalam mengurangi kerugian dan meningkatkan produktivitas industri kelapa sawit.

Dalam konteks ini, penting bagi manajer kebun kelapa sawit dan pabrik pengolahan untuk bekerja sama dalam mengidentifikasi dan mengatasi faktor-faktor penyebab kerugian. Kolaborasi antara berbagai pihak terkait, termasuk petani, perusahaan pengolahan, dan pemerintah, dapat membantu menciptakan solusi yang holistik dan berkelanjutan dalam mengurangi kerugian dalam industri kelapa sawit.

23 Dengan demikian, pengelolaan kematangan TBS yang baik, penggunaan teknologi canggih, pemantauan yang ketat, dan kolaborasi antar berbagai pihak menjadi kunci dalam mengurangi kerugian dan meningkatkan efisiensi produksi minyak kelapa sawit. Dengan langkah-langkah yang tepat, diharapkan industri kelapa sawit dapat tetap berkelanjutan dan memberikan manfaat yang maksimal bagi semua pihak yang terlibat.

52 Berbagai faktor yang mempunyai pengaruh terhadap OER dalam proses ekstraksi minyak kelapa sawit. Salah satu faktor utama yang sangat menentukan adalah kualitas TBS (Tandan Buah Segar) yang digunakan. Kualitas TBS ini bisa dipengaruhi oleh beberapa variabel seperti umur tanaman, kondisi lingkungan di mana tanaman tersebut tumbuh, serta metode budidaya yang diterapkan. TBS berkualitas tinggi akan memberikan rendemen minyak yang lebih tinggi.

Selain kualitas bahan mentah, faktor penting lainnya adalah efisiensi dalam proses pengolahan. Proses pengolahan yang efisien akan memastikan bahwa minyak dapat diekstraksi semaksimal mungkin dari TBS, sehingga

mengurangi potensi kerugian. Penggunaan teknologi canggih dalam proses ekstraksi bisa meningkatkan efisiensi pengolahan serta meningkatkan OER.(Sembiring, 2019)

Selain bahan mentah dan efisiensi pengolahan, teknologi yang diterapkan dalam proses ekstraksi juga berpengaruh terhadap OER. Teknologi dalam proses ekstraksi minyak kelapa sawit terus mengalami perkembangan seiring dengan kemajuan di bidang pertanian dan industri. Dengan pembuatan teknologi terbaru dapat meningkatkan efisiensi serta produktivitas pabrik kelapa sawit. (Kumbara et al., 2023)

Dari penjelasan di atas, bisa disimpulkan bahwa OER atau rendemen minyak sangat bergantung pada beberapa faktor seperti kualitas bahan mentah, efisiensi dalam proses pengolahan, dan teknologi yang digunakan dalam proses ekstraksi. Oleh karena itu, bagi produsen minyak kelapa sawit, memperhatikan faktor-faktor ini sangat penting untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pabrik mereka.

Selain faktor-faktor yang telah dibahas sebelumnya, ada beberapa elemen lain yang dapat mempengaruhi interaksi antara tingkat kematangan TBS, *Losses*, dan OER. Salah satunya adalah teknologi pengolahan yang digunakan dalam ekstraksi minyak kelapa sawit. Penelitian yang dilakukan oleh (Osei-Mensah et al., 2021)Pembuatan teknologi pengolahan yang lebih modern dan efisien dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi minyak kelapa sawit, sehingga mengurangi *Losses* dan meningkatkan OER. Di samping itu, manajemen

kebun kelapa sawit juga memiliki peran penting dalam menentukan tingkat kematangan TBS, *Losses*, dan OER.

Budidaya yang tepat dan pengelolaan kebun yang baik dapat meningkatkan kualitas buah kelapa sawit yang dipanen, yang pada gilirannya dapat mengurangi *Losses* dan meningkatkan OER. Selain elemen-elemen tersebut, faktor pasar juga bisa mempengaruhi hubungan antara tingkat kematangan TBS, *Losses*, dan OER. Menurut penelitian (Singh et al., 2022) permintaan pasar terhadap minyak kelapa sawit berkualitas tinggi dapat mendorong para petani untuk memperbaiki kualitas buah kelapa sawit yang mereka panen, sehingga dapat mengurangi *Losses* dan meningkatkan OER.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa korelasi antara tingkat kematangan TBS, *Losses*, dan OER dalam produksi minyak kelapa sawit sangat kompleks dan dipengaruhi oleh berbagai faktor. Oleh sebab itu, produsen minyak kelapa sawit harus memperhitungkan faktor-faktor tersebut dalam usaha mereka untuk meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas minyak kelapa sawit yang dihasilkan.

2.5 Bahasa Pemrograman R Studio untuk Analisis Data Statistik

Bahasa pemrograman R Studio telah menjadi salah satu alat yang sangat diminati dalam analisis data statistik. R Studio adalah lingkungan pengembangan terpadu (IDE) yang dibuat khusus untuk bahasa pemrograman R. Berkat fitur-fitur lengkap dan kapabilitas analisis data yang kuat, R Studio sering dijadikan pilihan utama oleh peneliti dan analis data (Iskandar, 2023).

6

Salah satu kelebihan utama dari R Studio terletak pada kemampuannya untuk melakukan analisis statistik yang kompleks. Dengan adanya berbagai paket dan fungsi statistik yang tersedia, pengguna dapat dengan mudah melakukan analisis regresi, analisis kluster, analisis faktor, dan berbagai jenis analisis statistik lainnya. Selain itu, R Studio juga mendukung visualisasi data yang interaktif, sehingga memudahkan pengguna dalam memahami dan menginterpretasikan hasil analisis data.

Dengan kemampuan yang ditawarkan oleh R Studio, diharapkan dapat melakukan analisis data statistik secara lebih efisien dan akurat. Dengan memanfaatkan berbagai fitur dan paket statistik yang tersedia, peneliti dapat menghasilkan hasil analisis data yang berkualitas dan dapat dipercaya. Selain itu, penggunaan R Studio juga dapat meningkatkan produktivitas peneliti dalam melakukan analisis data, sehingga mempercepat proses penelitian dan pengambilan keputusan.

2.6 Penelitian Terdahulu

1

Penelitian terkait pengaruh tingkat kematangan Tandan Buah Segar (TBS) terhadap rendemen Oil Extraction Rate (OER) dan losses dalam industri kelapa sawit telah banyak dikaji. Kematangan buah memiliki dampak langsung pada kualitas minyak yang dihasilkan, di mana buah dengan kematangan optimal akan memberikan OER tinggi dan meminimalkan losses. (Cherie et al., 2020) menyatakan bahwa buah yang terlalu matang atau kurang matang dapat menyebabkan kerugian karena rendahnya kandungan minyak atau tingginya kadar asam lemak bebas. Nuryadi et al., (2021) juga menunjukkan bahwa pemilihan TBS yang tepat, baik dari segi kematangan maupun penanganannya, dapat meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi losses selama proses ekstraksi. Beberapa

penelitian lain menekankan pentingnya teknologi untuk meningkatkan efisiensi proses tersebut. Osei-Mensah et al., (2021) menitikberatkan pada pengembangan teknologi pengolahan yang lebih modern, sementara (Pitoyo, 2021) menggarisbawahi pentingnya pemantauan ketat pada setiap tahapan produksi. Meskipun banyak penelitian yang membahas pengaruh kematangan TBS terhadap OER, penelitian yang menggunakan model regresi linear berganda dan Random Forest untuk memprediksi hubungan ini masih terbatas, sehingga pendekatan ini menawarkan kebaruan dalam penelitian Anda. Penggunaan teknologi mutakhir dalam pemodelan data serta integrasi metode penginderaan dan spektroskopi untuk mengukur kematangan buah berpotensi memberikan inovasi signifikan dalam proses pengolahan minyak sawit.

18

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di sebuah PT di Sumatera pada bulan September sampai November tahun 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini berupaya dalam menganalisis pengaruh hasil tingkat kematangan tandan buah segar terhadap *Losses* dan rendemen *Oil Extraction Rate* dengan menggunakan software R Studio.

A. Alat yang digunakan, yaitu:

1. Software R studio
2. Software spreadsheet
3. Model deskriptif, model regresi linear berganda dan model random forest

B. Bahan yang digunakan, yaitu:

1. Data Oil Extraction Rendemen
2. Data oil *Losses*
3. Data grading TBS

32

3.3 Parameter yang Diuji

Pada metode penelitian ini, parameter yang diuji meliputi :

A. Variabel Independen :

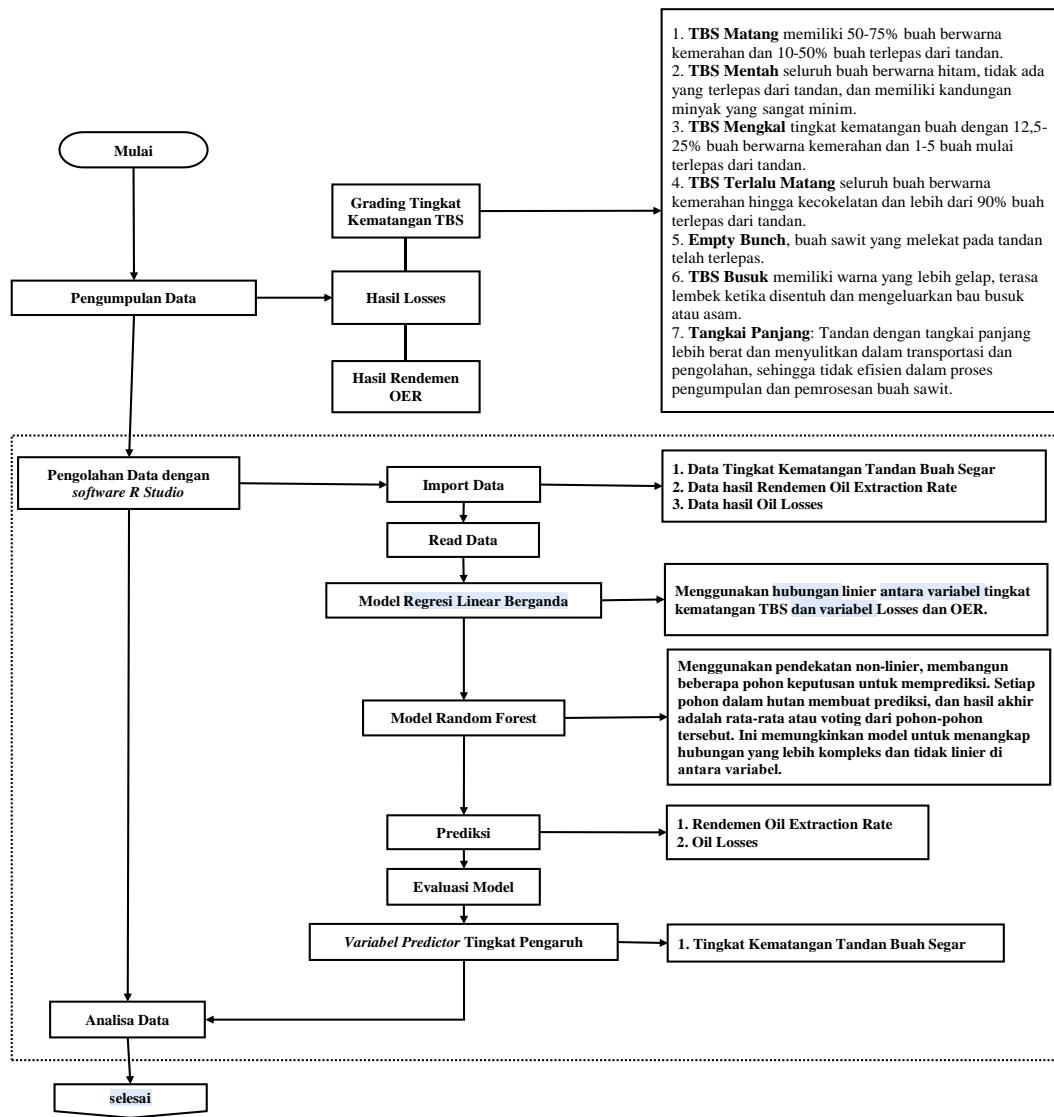
1. Tingkat kematangan tandan buah segar diukur berdasarkan fraksi kematangan

B. Variabel Dependen :

1. *Losses*:
 - Persentase *Oil Losses*
2. Rendemen OER (*Oil Extraction Rate*)
 - Persentase minyak yang dapat diekstrak dari TBS

3.4 Tahapan Penelitian

Adapun diagram alir dari penelitian dapat dilihat dari *flowchart* dibawah ini :



Gambar 3 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Proses Penelitian di mulai dari :

1. Mulai : dilakukan survei lapangan untuk mengidentifikasi masalah yang ada, seperti hasil ekstraksi minyak kelapa sawit produksinya belum mencapai maksimal dikarenakan beberapa faktor.
2. Pengumpulan Data : Pengumpulan data terkait Kematangan Tandan Buah Segar, Rendemen Oil Extraction Rate (OER), dan Losses.
3. Preprocessing Data : Pembersihan dan pengolahan data untuk memastikan data siap digunakan. Pemisahan dataset menjadi data training data testing.
4. Pemilihan Model : model yang dipilih adalah Regresi Linear Berganda dan Random Forest.
5. Pelatihan Model : Latih model Regresi Linear Berganda dengan data yang tersedia. Dan Latih model Random Forest untuk membandingkan hasil dengan regresi linear.
6. Evaluasi Model : Evaluasi performa kedua model dengan metrik R-squared, means squared error, dll.
7. Analisis Data : Analisis data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang komprehensif dan

3.5 Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif yang komprehensif dan mendalam dengan melakukan uji determinasi dan pemrediksian. Metodologi yang diterapkan mencakup beberapa tahapan analisis yang saling melengkapi, dimulai dari analisis deskriptif hingga pemodelan statistik yang lebih kompleks. Seluruh proses analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak R Studio. Pemilihan R Studio didasarkan pada kemampuannya dalam menangani dataset yang kompleks, fleksibilitas dalam pemrograman, serta kemampuan visualisasi data yang superior.

1. Analisis Deskriptif: Sebagai langkah awal, peneliti menerapkan metode analisis deskriptif untuk mengidentifikasi pola, tren, dan karakteristik utama dari data yang dikumpulkan. Proses ini melibatkan perhitungan statistik dasar seperti mean, median, modus, standar deviasi, dan range untuk setiap variabel. Visualisasi data melalui histogram, box plot, dan scatter plot juga dilakukan untuk memberikan gambaran distribusi dan hubungan antar variabel secara intuitif.
2. Regresi Linear Berganda (Multiple Linear Regression) Inti dari analisis kuantitatif dalam penelitian ini adalah penerapan regresi linear berganda. Model ini digunakan untuk mengeksplorasi hubungan antara variabel independen (tingkat kematangan TBS) dan variabel dependen (*Losses* dan OER).

Persamaan regresi yang digunakan adalah:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$$

Keterangan :

Y : Variabel Oil Losses atau OER

X1, X2, X3... X7 : Variabel Fraksi Tingkat Kematangan Buah (Ripe, Unripe, Underripe, Overripe, Empty Bunch, Rotten, Long Stalk)

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$: koefisien (Intercept) regresi yang menunjukkan perubahan Y untuk setiap unit perubahan X

Penggunaan regresi linear berganda merupakan metode yang sangat efektif dalam mengidentifikasi keterkaitan yang rumit antara variabel-variabel dalam suatu studi. Dengan menerapkan model regresi yang sesuai, peneliti dapat menyelidiki hubungan antara tingkat kematangan TBS dengan *Losses* dan OER. Hasil penelitian yang dipublikasikan dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan bahwa regresi linear berganda dapat dipakai untuk membuat prediksi yang akurat mengenai performa keuangan perusahaan berdasarkan tingkat kematangan TBS.

3. Random Forest

Random Forest (RF) adalah algoritma pembelajaran mesin ensemble yang telah mendapatkan popularitas signifikan dalam berbagai aplikasi analisis data dan prediksi. Random Forest adalah algoritma yang pertama

20 kali dikembangkan oleh Leo Breiman pada tahun 2001 sebagai pengembangan dari metode bagging (Bootstrap Aggregating). Algoritma ini beroperasi dengan membuat sejumlah pohon keputusan (decision trees) selama proses pelatihan dan kemudian, untuk klasifikasi, memilih kelas yang paling sering diprediksi oleh setiap pohon, atau untuk regresi, menghitung rata-rata dari semua prediksi pohon tersebut.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini akan menguraikan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai dampak tingkat kematangan tandan buah segar terhadap *Losses* dan tingkat ekstraksi minyak. Data yang dipresentasikan di sini telah melalui berbagai tahapan uji validitas dan reliabilitas menggunakan software R studio untuk memastikan keabsahannya.

Analisis deskriptif akan digunakan untuk memberikan gambaran umum mengenai karakteristik responden dan variabel penelitian. Selanjutnya, analisis regresi linear berganda akan menunjukkan hubungan antara tingkat kematangan tandan buah segar dengan *Losses* serta tingkat ekstraksi minyak. Terakhir, Random Forest membuat prediksi untuk dua variabel yaitu OER dan Oil *Losses*. Prediksi tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai sebenarnya yang ada dalam dataset. Melalui perbandingan ini, dapat melihat seberapa akurat model dalam memprediksi nilai-nilai tersebut. Semua analisis ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai dampak yang dihasilkan serta implikasinya dalam konteks kajian ini.

4.1 Karakteristik Tingkat Kematangan Tandan Buah Segar

Dalam penelitian ini, karakteristik tingkat kematangan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit dianalisis secara mendalam untuk memahami pengaruhnya terhadap *Losses* dan rendemen *Oil Extraction Rate* (OER). Pengamatan dilakukan terhadap sampel TBS yang diambil dari perkebunan dan di sortasi di pabrik kelapa

sawit selama periode September - November 2023). Karakteristik yang diamati sesuai SOP Perusahaan serta karakteristik lainnya.

Tabel 4. 1 Fraksi Tingkat Kematangan TBS

Fraksi	Tingkat Kematangan	Warna Buah
0	Unripe	Sebagian besar buahnya berwarna hitam atau ungu gelap dan tidak ada yang terlepas dari tandan.
3	Ripe	Memiliki 50-75% buah berwarna kemerahan dan 10-50% buah terlepas dari tandan.
5	Overripe	Ditandai dengan seluruh buah berwarna kemerahan hingga kecoklatan dan lebih dari 90% buah terlepas dari tandan.

Sumber: data primer penelitian

Berdasarkan Tabel 4.1 Fraksi Tingkat Kematangan TBS Tandan Buah Segar (TBS) diklasifikasikan berdasarkan tingkat kematangan dan warna buah. Fraksi 0, yang termasuk dalam kategori belum matang, ditandai oleh buah yang masih berwarna hitam atau ungu gelap, tanpa ada buah yang terlepas dari tandan, menunjukkan bahwa buah tersebut belum siap untuk dipanen. Fraksi 3, yang disebut matang, menunjukkan bahwa buah siap dipanen, dengan sebagian besar buah menunjukkan warna kemerahan dan sebagian sudah terlepas dari tandan. Terakhir, fraksi 5, yang termasuk dalam kategori terlalu matang, ditandai oleh seluruh buah dalam tandan yang sudah berubah warna menjadi kemerahan hingga kecoklatan, dengan sebagian besar buah terlepas dari tandan, menunjukkan bahwa

buah telah melewati masa panen optimal dan mungkin mengalami penurunan kualitas. Klasifikasi ini sangat penting untuk memastikan waktu panen yang tepat guna mendapatkan kualitas buah yang terbaik.

4.2 Pengolahan Data dan Pengujian Tingkat kematangan Tandan Buah Segar terhadap *Oil Extraction Rate* dan *Losses*

Tahapan pengolahan analisis data :

- a. Penginputan data analisis.

Berikut tampilan script coding pada software R Studio

```
#import data from excell files
data <- read_excel("D:/01 SKRIPSI/data magang performance report/DATA.xlsx", sheet = "Sheet1")
head (data)
```

Gambar 4. 1 Import Data

Penginputan data dengan jenis file excel dari folder di computer, kemudian di baca oleh bahasa R dan ditampilkan data seperti variabel beserta *quantitynya*. Ada data variabel prediktor dalam menentukan Tingkat kematangan Tandan Buah Segar dan variabel dependen nya meliputi data hasil oil *Losses* dan data hasil rendemen *Oil Extraction Rate*. Data variabel prediktor meliputi data hasil *Grading* Tandan Buah Segar (*ripe*, *Unripe*, *Underripe*, *Overripe*, *Empty Bunch*, *Rotten*, *Longstalk*). Semua data tersebut diimport pada software R Studio dengan format *excel*. Lalu menjalankan kode dengan *run* maka data akan terbaca dan *coding* “head(data)” akan menampilkan beberapa baris pertama dari data yang telah di import.

Tabel 4. 2 Data Hasil Oil Losses, OER, dan Grading result

NO.	Oil Losses (%)	OER (%)	Grading Result (%)						
			Ripe	Unripe	Underripe	Overripe	empty bunch	rotten	long stalk
1	1,03	20,68	83,08	0,60	4,77	7,41	1,20	1,19	1,75
2	1,42	20,48	73,16	1,99	4,17	14,27	1,12	0,58	4,72
3	1,79	19,98	69,67	1,92	9,50	16,58	2,08	0,25	0,00
4	1,56	21,67	73,38	1,93	5,76	13,84	2,42	0,65	2,01
5	1,62	21,73	78,37	1,67	7,39	8,89	1,26	1,26	1,17
6	1,46	21,02	76,59	1,08	8,13	10,25	2,17	0,80	0,98
7	1,48	21,07	77,07	1,36	7,00	11,57	1,57	0,22	1,22
8	1,40	21,29	72,17	0,81	6,71	13,25	0,87	0,81	5,38
9	1,41	21,62	73,27	1,79	9,08	10,72	1,99	1,23	1,92
10	1,47	21,43	74,41	0,83	5,30	14,13	3,41	1,52	0,40
11	1,50	21,59	70,74	1,56	4,52	17,09	4,18	0,53	1,38
12	1,56	21,61	68,32	0,79	6,01	15,79	1,61	2,31	5,18
13	1,62	20,25	67,41	1,37	6,36	15,85	6,92	0,84	1,25
14	1,64	21,31	67,06	0,32	6,33	18,19	4,20	2,26	1,64
15	1,66	21,67	72,72	2,19	8,14	7,85	2,95	2,06	4,09
16	1,54	21,46	71,23	0,86	5,70	15,76	3,61	0,52	2,32
17	1,48	21,63	78,00	0,67	8,51	10,20	1,34	0,75	0,54
18	1,66	21,85	68,41	1,94	9,42	14,06	3,11	1,36	1,69
19	1,44	21,74	72,33	2,20	6,59	14,35	2,25	0,19	2,09
20	1,54	20,46	74,31	1,85	7,93	11,52	2,91	0,70	0,78
21	1,47	20,98	68,78	0,94	5,49	16,10	3,23	1,63	3,82
22	0,72	21,70	80,03	0,89	5,50	11,19	1,00	1,22	0,17
23	1,71	21,65	66,77	0,87	4,67	19,20	1,68	4,41	2,41
24	1,56	21,42	78,00	0,75	8,50	10,75	1,50	0,25	0,25
25	1,50	22,27	63,31	1,09	7,28	17,25	3,35	7,09	0,64
26	1,56	21,64	72,64	1,40	11,26	12,07	1,10	1,26	0,27
27	1,49	21,56	76,25	1,44	6,17	13,15	1,49	1,32	0,19
28	1,51	21,43	78,37	0,47	2,24	16,26	1,20	1,04	0,44
29	1,49	21,60	68,73	0,47	5,04	20,64	3,70	1,15	0,27
30	1,63	21,78	75,41	2,14	8,27	10,58	2,51	0,48	0,60
31	1,58	19,49	68,92	1,83	7,00	14,17	4,33	2,08	1,67
32	0,99	21,89	76,19	1,20	6,87	12,74	2,02	0,81	0,17
33	1,58	21,07	75,40	1,32	6,90	12,20	2,43	1,45	0,31
34	1,70	21,51	73,15	0,99	6,75	13,11	4,33	0,64	1,03
35	1,62	21,23	72,29	0,49	5,40	14,91	2,76	1,83	2,31
36	1,56	22,12	72,42	0,79	6,67	16,13	2,52	0,33	1,14
37	1,21	21,76	76,09	0,25	9,75	10,92	0,83	1,84	0,34
38	1,33	21,55	71,28	0,83	9,39	11,50	2,39	0,56	4,06
39	1,42	22,31	79,23	1,04	7,58	9,15	2,08	0,83	0,08
40	1,39	22,41	77,29	1,04	3,92	13,75	3,33	0,54	0,13
41	1,46	21,95	75,03	0,45	4,01	16,51	2,94	0,72	0,33
42	1,32	21,58	77,31	1,70	7,46	9,53	2,46	0,31	1,23
43	1,36	22,37	78,41	0,59	7,17	10,84	1,92	1,09	0,00
44	0,98	21,86	80,09	0,42	3,59	13,92	1,89	0,12	0,00
45	1,35	21,56	79,17	1,28	9,32	6,56	2,57	1,11	0,00
46	1,31	21,43	76,17	0,20	8,09	11,87	2,13	0,74	0,81
47	0,95	21,75	80,44	1,97	8,08	6,50	2,40	0,41	0,18
48	1,46	22,53	79,95	0,81	7,95	7,88	2,05	0,83	0,52
49	1,42	21,34	77,28	0,53	8,91	9,28	2,40	1,55	0,05
50	1,44	21,73	77,53	0,80	2,32	16,04	1,75	1,45	0,10
51	1,28	21,88	79,50	0,50	5,75	13,25	0,75	0,25	0,00
52	1,86	19,55	53,75	0,50	30,42	12,11	2,67	0,47	0,08
53	1,48	21,30	77,29	0,92	12,63	6,79	1,52	0,63	0,24
54	1,48	21,08	76,23	0,59	8,68	10,33	3,03	1,07	0,07
55	1,37	20,52	76,76	0,62	9,62	9,33	2,67	0,47	0,53
56	1,35	21,03	77,23	0,71	11,02	7,33	2,92	0,81	0,00
57	1,32	22,33	78,21	0,88	12,59	6,50	1,42	0,29	0,13
58	1,76	21,44	66,17	1,17	8,33	21,33	1,33	1,50	0,17
59	0,75	21,69	74,60	0,67	9,36	11,38	2,18	1,03	0,79
60	1,33	21,30	77,30	0,88	9,60	8,29	1,70	1,34	0,89
61	1,55	21,32	75,38	0,84	10,33	9,13	3,27	1,04	0,00
62	1,38	21,67	76,14	1,41	11,86	6,49	3,16	0,26	0,67
63	1,30	20,62	78,19	1,82	8,03	7,41	1,50	1,03	2,02
64	1,29	20,81	77,74	2,67	7,67	7,55	3,61	0,67	0,09
65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
66	0,86	20,54	73,55	2,56	8,13	12,22	2,72	0,51	0,31
67	0,99	21,46	76,03	1,11	6,61	14,11	1,11	0,56	0,47
68	1,28	20,12	76,72	0,60	6,30	13,56	1,76	0,95	0,10
69	1,35	20,68	73,04	2,16	9,43	11,97	3,01	0,39	0,00
70	1,28	21,03	75,65	1,50	9,02	8,84	3,30	0,67	1,04
71	1,28	21,24	76,68	1,54	11,50	7,19	1,94	0,60	0,57
72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
73	1,28	21,46	76,83	1,15	5,10	13,83	2,83	0,13	0,14
74	1,30	21,07	79,83	2,56	6,49	7,23	2,01	0,66	1,22
75	1,20	20,87	78,44	1,83	9,73	7,88	1,33	0,36	0,42
76	1,18	20,76	79,00	1,00	7,40	7,10	3,65	1,46	0,39
77	1,19	21,17	77,40	1,47	8,27	8,83	2,63	0,87	0,53
78	0,69	21,23	81,24	0,57	9,20	6,01	2,13	0,77	0,09
79	1,05	20,68	78,50	0,50	5,75	12,00	2,25	1,00	0,00
80	1,36	20,78	79,60	1,60	8,20	6,60	3,40	0,33	0,27
81	1,30	21,36	79,27	0,93	7,67	9,63	1,79	0,37	0,34
82	1,28	21,56	78,22	0,58	5,32	11,79	2,74	0,69	0,66
83	1,33	21,31	77,50	1,33	5,62	10,15	4,05	0,78	0,56
84	1,38	22,22	77,87	0,59	6,60	10,94	1,03	1,43	1,53
85	1,28	22,59	77,59	0,66	7,97	10,27	2,45	0,68	0,38
86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
87	1,14	22,24	79,17	1,45	2,44	10,33	4,22	1,44	0,94
88	1,27	21,91	77,80	0,37	5,28	13,29	2,56	0,49	0,22
89	0,83	22,26	80,64	1,11	9,33	6,81	1,39	0,72	0,00
90	1,23	22,08	77,08	0,78	6,52	13,13	0,95	1,20	0,33

b. Analisis Deskriptif

```
#analisis deskriptif
summary(data)
describe(data)
```

44

Gambar 4. 2 Analisis Deskriptif

Analisis ini dilakukan untuk memberikan ringkasan dasar statistik dari data yang telah di import, seperti nilai rata-rata dan nilai ekstrim.

```
> summary(data)
      NO.      oil losses      OER      GR1
Min.   : 1.00   Min.   :0.000   Min.   : 0.00   Min.   : 0.00
1st Qu.:23.25  1st Qu.:1.279   1st Qu.:21.03  1st Qu.:72.66
Median :45.50  Median :1.377   Median :21.45  Median :76.42
Mean   :45.50  Mean   :1.324   Mean   :20.68  Mean   :72.73
3rd Qu.:67.75  3rd Qu.:1.508   3rd Qu.:21.73  3rd Qu.:78.14
Max.   :90.00  Max.   :1.855   Max.   :22.59  Max.   :83.08

      GR2      GR3      GR4      GR5
Min.   :0.0000  Min.   : 0.000   Min.   : 0.000   Min.   :0.000
1st Qu.:0.6075  1st Qu.: 5.713   1st Qu.: 8.831   1st Qu.:1.508
Median :0.9383  Median : 7.332   Median :11.438   Median :2.252
Mean   :1.0977  Mean   : 7.362   Mean   :11.302   Mean   :2.316
3rd Qu.:1.4917  3rd Qu.: 8.854   3rd Qu.:13.896   3rd Qu.:2.948
Max.   :2.6667  Max.   :30.417   Max.   :21.333   Max.   :6.920

      GR6      GR7
Min.   :0.0000  Min.   :0.0000
1st Qu.:0.4950  1st Qu.:0.1311
Median :0.7708  Median :0.4275
Mean   :0.9671  Mean   :0.8912
3rd Qu.:1.2308  3rd Qu.:1.2029
Max.   :7.0867  Max.   :5.3800
```

Gambar 4. 3 summary data

Hasil pada gambar 4.3 ini menampilkan sejumlah metrik statistik yang dipergunakan untuk menggambarkan penyebaran data dari berbagai variabel dalam kumpulan data. Dari informasi yang disajikan, kita dapat melihat bagaimana distribusi data tersebut, dengan menggunakan nilai median untuk mengidentifikasi kecenderungan pusat dan rentang nilai (dari nilai terendah hingga tertinggi) untuk memahami variasi dalam dataset tersebut. Sebagai contoh, variabel "oil Losses" memiliki rata-rata kerugian sebesar 1.324% dengan nilai terendah 0.000 dan

31

tertinggi 1.855. Sementara variabel OER juga menunjukkan tingkat ekstraksi minyak yang mayoritasnya berada di kisaran angka 20-22%.

```
> describe(data)
      vars  n mean  sd median trimmed  mad min  max range  skew
NO.      1 90 45.50 26.12 45.50 45.50 33.36 1 90.00 89.00 0.00
oil Losses 2 90 1.32 0.34 1.38 1.37 0.18 0 1.85 1.85 -2.06
OER      3 90 20.68 3.91 21.45 21.39 0.55 0 22.59 22.59 -4.92
GR1     4 90 72.73 14.31 76.42 75.51 3.48 0 83.08 83.08 -4.37
GR2     5 90 1.10 0.62 0.94 1.06 0.61 0 2.67 2.67 0.53
GR3     6 90 7.36 3.52 7.33 7.26 2.38 0 30.42 30.42 2.82
GR4     7 90 11.30 4.06 11.44 11.33 3.86 0 21.33 21.33 -0.25
GR5     8 90 2.32 1.11 2.25 2.27 1.10 0 6.92 6.92 0.71
GR6     9 90 0.97 0.91 0.77 0.84 0.55 0 7.09 7.09 3.94
GR7    10 90 0.89 1.18 0.43 0.64 0.55 0 5.38 5.38 2.11

      kurtosis  se
NO.      -1.24 2.75
oil Losses 5.50 0.04
OER      23.09 0.41
GR1      19.32 1.51
GR2      -0.42 0.06
GR3      18.51 0.37
GR4       0.58 0.43
GR5       1.98 0.12
GR6      21.87 0.10
GR7       4.32 0.12
```

Gambar 4. 4 describe data

Penjelasan pada gambar 4.4 diatas memberikan detail statistik yang lebih lengkap. mengacu pada kerugian minyak (oil Losses) dalam proses. Memiliki rata-rata 1.32 dengan kemiringan negatif -2.06, menunjukkan distribusi yang miring ke kiri. Oil Extraction Rate rasio efisiensi, memiliki rata-rata 20.68 dan kemiringan negatif -4.92, menunjukkan distribusi yang sangat miring ke kiri. Dan grading result (GR1 - GR7) mewakili kelompok data atau variabel prediktor. Nilai-nilai ini memiliki rata-rata yang bervariasi dan beberapa memiliki kemiringan positif atau negatif yang menunjukkan distribusi data mereka.

c. Analisis regresi linear berganda dan uji determinasi

Berikut tampilan script coding pada software R Studio:

```
# Misalkan data yang relevan untuk analisis regresi adalah:
# Variabel dependen: OER dan Oil Losses
# Variabel independen: GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, GR7

# Analisis Regresi Linear Berganda dan Uji Determinasi
# Untuk variabel dependen OER
model_oer <- lm(OER ~ GR1 + GR2 + GR3 + GR4 + GR5 + GR6 + GR7, data = data)
summary(model_oer)

# Uji Determinasi untuk OER
r_squared_oer <- summary(model_oer)$r.squared
adj_r_squared_oer <- summary(model_oer)$adj.r.squared

cat("R-squared untuk model OER: ", r_squared_oer, "\n")
cat("Adjusted R-squared untuk model OER: ", adj_r_squared_oer, "\n")

# Untuk variabel dependen Oil Losses
model_oil <- lm(Oil Losses ~ GR1 + GR2 + GR3 + GR4 + GR5 + GR6 + GR7, data = data)
summary(model_oil)

# Uji Determinasi untuk Oil Losses
r_squared_oil <- summary(model_oil)$r.squared
adj_r_squared_oil <- summary(model_oil)$adj.r.squared

cat("R-squared untuk model Oil Losses: ", r_squared_oil, "\n")
cat("Adjusted R-squared untuk model Oil Losses: ", adj_r_squared_oil, "\n")
```

Gambar 4.5 Script Regresi Linear Berganda

Script coding Gambar diatas memperlihatkan kode dalam bahasa pemrograman R yang digunakan untuk melakukan analisis regresi linear berganda dan menghitung koefisien determinasi R^2 serta Adjusted R^2 . Kode tersebut berfokus pada dua variabel dependen, yaitu OER dan Oil Losses, yang dianalisis terhadap tiga variabel independen: GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, dan GR7.

Pada bagian pertama, kode ini membangun model regresi linear untuk variabel dependen OER. Setelah model dibuat, nilai R^2 dan Adjusted R^2 dihitung menggunakan fungsi `summary()`. Hasil perhitungan ini kemudian dicetak dengan menggunakan fungsi `cat()` untuk menunjukkan seberapa baik model tersebut dalam menjelaskan variasi data OER.

Bagian kedua dari kode ini melakukan hal yang sama untuk variabel dependen Oil Losses. Model regresi linear berganda juga dibuat dengan menggunakan variabel

independen yang sama, dan nilai R^2 serta Adjusted R^2 dihitung serta dicetak. Dengan demikian, kode ini menilai kemampuan kedua model regresi tersebut dalam menjelaskan variasi data pada masing-masing variabel dependen.

```
Call:
lm(formula = OER ~ GR1 + GR2 + GR3 + GR4 + GR5 + GR6 + GR7, data = data)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.55572 -0.30073 -0.00709  0.35151  1.09153

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -5.005e-06  3.239e-01  0.000  0.99999
GR1          2.271e-01  4.868e-03 46.662 < 2e-16 ***
GR2          1.921e-02  1.085e-01  0.177  0.85987
GR3          1.585e-01  1.799e-02  8.810 1.72e-13 ***
GR4          2.008e-01  1.799e-02 11.160 < 2e-16 ***
GR5          1.040e-01  5.996e-02  1.734  0.08666 .
GR6          3.210e-01  7.122e-02  4.507 2.16e-05 ***
GR7          1.697e-01  5.458e-02  3.108  0.00258 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.561 on 82 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.981,    Adjusted R-squared:  0.9794
F-statistic: 605.8 on 7 and 82 DF,  p-value: < 2.2e-16

> # Uji Determinasi untuk OER
> r_squared_oeer <- summary(model_oeer)$r.squared
> adj_r_squared_oeer <- summary(model_oeer)$adj.r.squared
> cat("R-squared untuk model OER: ", r_squared_oeer, "\n")
R-squared untuk model OER:  0.9810288
> cat("Adjusted R-squared untuk model OER: ", adj_r_squared_oeer, "\n")
Adjusted R-squared untuk model OER:  0.9794093
```

53 *Gambar 4. 6 Analisis Regresi Linear Berganda dan Uji Determinasi Untuk OER*

Gambar ini menampilkan hasil analisis regresi linear berganda untuk variabel dependen OER (kemungkinan singkatan dari "Oil Extraction Rate") menggunakan tujuh variabel independen, yaitu GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, dan GR7. Analisis dilakukan dengan bahasa pemrograman R melalui perintah `lm(OER ~ GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, dan GR7., data = data)`, bertujuan untuk mengidentifikasi bagaimana masing-masing variabel independen tersebut mempengaruhi OER.

16 Pada bagian awal, output menunjukkan residuals dari model, yang menggambarkan selisih antara nilai aktual OER dan nilai yang diprediksi oleh model. Residuals ini ditampilkan dalam bentuk kuartil (1Q, Median, 3Q) serta nilai minimum dan maksimum. Residual minimum adalah -1.55572, sedangkan residual maksimum adalah 1.09153, menunjukkan variasi antara nilai prediksi dan nilai aktual.

17 Bagian koefisien (coefficients) menampilkan estimasi koefisien untuk setiap variabel independen (GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, dan GR7) serta intersep (Intercept). Koefisien ini menunjukkan seberapa besar pengaruh tiap variabel independen terhadap OER. Sebagai contoh, koefisien GR1 sebesar 0.2271 menunjukkan bahwa peningkatan satu unit pada GR1 diharapkan akan meningkatkan OER sebesar 0.2271 unit, dengan asumsi variabel lainnya konstan. Std. Error menunjukkan tingkat ketidakpastian dari estimasi tersebut, sementara nilai t value dan $\Pr(>|t|)$ digunakan untuk menguji signifikansi statistik masing-masing koefisien, dengan tiga bintang (***) menandakan signifikansi yang sangat tinggi.

21 Residual standard error sebesar 0.561 menunjukkan seberapa besar perbedaan antara nilai aktual OER dan nilai yang diprediksi oleh model, berdasarkan 82 derajat kebebasan. Multiple R-squared sebesar 0.981 mengindikasikan bahwa sekitar 98.1% variasi dalam OER dapat dijelaskan oleh model, menunjukkan bahwa model ini sangat baik dalam menggambarkan data. Adjusted R-squared sebesar 0.979 juga hampir sama, menunjukkan bahwa model

ini tetap konsisten meskipun memperhitungkan jumlah variabel independen yang digunakan.

Bagian akhir dari output menyajikan hasil Uji Determinasi untuk model ini, yang mengkonfirmasi nilai R-squared dan Adjusted R-squared. Nilai R-squared sebesar 98.1% dan Adjusted R-squared sebesar 97.9% menunjukkan bahwa model ini sangat kuat dalam menjelaskan variabilitas data.

Secara keseluruhan, gambar ini menyajikan hasil dari analisis regresi linear berganda yang digunakan untuk memprediksi OER. Hasilnya menunjukkan bahwa beberapa variabel (GR1, GR3, GR4, GR6, dan GR7) berkontribusi signifikan terhadap prediksi OER, dengan model yang sangat baik dalam menjelaskan variasi data yang ada.

```
Call:
lm(formula = `oil losses` ~ GR1 + GR2 + GR3 + GR4 + GR5 + GR6 +
    GR7, data = data)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.62075 -0.06740  0.00974  0.11995  0.35510

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 9.272e-07  1.106e-01  0.000 0.999993
GR1          5.842e-03  1.663e-03  3.513 0.000723 ***
GR2          4.962e-02  3.705e-02  1.339 0.184211
GR3          3.331e-02  6.144e-03  5.421 5.84e-07 ***
GR4          3.864e-02  6.146e-03  6.286 1.49e-08 ***
GR5          4.398e-02  2.048e-02  2.147 0.034716 *
GR6          2.310e-02  2.433e-02  0.949 0.345198
GR7          4.315e-02  1.864e-02  2.314 0.023157 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1916 on 82 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7057,    Adjusted R-squared:  0.6806
F-statistic: 28.09 on 7 and 82 DF,  p-value: < 2.2e-16

> # Uji Determinasi untuk Oil Losses
> r_squared_oil <- summary(model_oil)$r.squared
> adj_r_squared_oil <- summary(model_oil)$adj.r.squared
> cat("R-squared untuk model Oil Losses: ", r_squared_oil, "\n")
R-squared untuk model Oil Losses: 0.7057171
> cat("Adjusted R-squared untuk model Oil Losses: ", adj_r_squared_oil, "\n")
Adjusted R-squared untuk model Oil Losses: 0.6805954
```

Gambar 4. 7 Analisis Regresi Linear Berganda dan Uji Determinasi Untuk Oil Losses

16 Hasil dari model regresi tersebut mencakup beberapa komponen kunci. Bagian Residuals menunjukkan distribusi sisa-sisa (residuals) dari model, yaitu selisih antara nilai aktual dengan nilai yang diprediksi oleh model. Dalam kasus ini, residuals berkisar antara -0.62075 hingga 0.35510, memberikan gambaran mengenai sejauh mana model ini sesuai dengan data yang digunakan.

7 Pada bagian Koefisien (Coefficients), dijelaskan estimasi dari koefisien regresi untuk setiap variabel bebas (GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, GR7) serta intersep. Estimasi ini menunjukkan besarnya pengaruh masing-masing variabel bebas terhadap *Oil Losses*. Selain itu, nilai standar error (Std. Error) yang terkait dengan masing-masing estimasi koefisien juga disertakan, yang menunjukkan sejauh mana estimasi tersebut mungkin bervariasi dari nilai sebenarnya. Nilai t dan p-value ($\Pr(>|t|)$) digunakan untuk menguji apakah koefisien-koefisien ini signifikan secara statistik. Hasil analisis menunjukkan bahwa ketiga variabel (GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, GR7) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap *Oil Losses*, dengan nilai p-value yang sangat kecil, menunjukkan bahwa hasil ini sangat mungkin tidak terjadi secara kebetulan.

28 Residual standard error yang dilaporkan adalah 0.1916, yang mengindikasikan sejauh mana data menyebar di sekitar garis regresi. Multiple R-squared sebesar 0.7057 menunjukkan bahwa model ini mampu menjelaskan sekitar 70.6% variasi dalam *Oil Losses*, sementara Adjusted R-squared sebesar 0.6806 memberikan gambaran yang lebih konservatif dengan mempertimbangkan jumlah variabel bebas yang digunakan. Adjusted R-squared ini sedikit lebih rendah dari R-

squared biasa, yang biasa terjadi dalam regresi linier berganda untuk mencegah overfitting.

Akhirnya, F-statistic dan p-value yang sangat kecil ($< 2.2e-16$) menunjukkan bahwa model ini secara keseluruhan signifikan, artinya kombinasi variabel bebas yang digunakan memiliki hubungan yang signifikan dengan variabel dependen *Oil Losses*.

2 Secara keseluruhan, model Regresi Linier Berganda ini menunjukkan bahwa variabel GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, dan GR7 memiliki pengaruh signifikan terhadap prediksi. Namun, dengan nilai R-squared dan Adjusted R-squared yang lebih rendah dibandingkan model lainnya, model ini hanya memiliki kemampuan yang moderat dalam menjelaskan variasi data. Meski begitu, model ini tetap memberikan wawasan penting mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi *Oil Losses*.

d. Random Forest

```
# Analisis dengan Algoritma Pembelajaran Mesin: Random Forest
# Membuat model Random Forest untuk memprediksi OER
set.seed(123) # Set seed untuk reproduktibilitas
model_rf_OER <- randomForest(OER ~ GR1 + GR2 + GR3 + GR4 + GR5 + GR6 + GR7, data = data, importance = TRUE)
print(model_rf_OER)
importance(model_rf_OER)
varImpPlot(model_rf_OER)
```

```
> # Analisis dengan Algoritma Pembelajaran Mesin: Random Forest
> # Membuat model Random Forest untuk memprediksi OER
> set.seed(123) # Set seed untuk reproduibilitas
> model_rf_OER <- randomForest(OER ~ GR1 + GR2 + GR3 + GR4 + GR5 + GR6 + GR7, data = data, importance = TRUE)
> print(model_rf_OER)

Call:
randomForest(formula = OER ~ GR1 + GR2 + GR3 + GR4 + GR5 + GR6 + GR7, data = data, importance = TRUE)
Type of random forest: regression
Number of trees: 500
No. of variables tried at each split: 2

Mean of squared residuals: 0.6013463
% Var explained: 96.02

> importance(model_rf_OER)
%IncMSE IncNodePurity
GR1 8.163096 262.787308
GR2 7.666681 210.053887
GR3 6.708095 166.560374
GR4 7.932438 283.615163
GR5 6.935063 229.306969
GR6 7.617492 252.821573
GR7 -1.576252 3.602336
```

Gambar 4. 8 Prediksi OER

Gambar yang disajikan menggambarkan hasil analisis menggunakan model Random Forest yang digunakan untuk memprediksi *Oil Extraction Rate* (OER) berdasarkan variabel GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, dan GR7. Model ini mengimplementasikan regresi dengan formula $OER \sim GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, \text{ dan } GR7$, yang menunjukkan bahwa OER diprediksi berdasarkan ketiga variabel independen tersebut. Model Random Forest ini terdiri dari 500 pohon keputusan yang digunakan dalam pembuatan prediksi, dan pada setiap pemisahan, hanya satu variabel yang dipertimbangkan.

Mean of Squared Residuals menunjukkan rata-rata kesalahan kuadrat prediksi dari residuals yang dihasilkan model, yaitu sebesar 0.6013. Residuals merupakan selisih antara nilai aktual dan nilai prediksi dari model. Nilai residual yang lebih rendah menandakan bahwa model memiliki tingkat akurasi prediksi yang lebih baik dalam memproyeksikan OER.

Persentase variasi yang dijelaskan oleh model, atau % Var Explained, menunjukkan bahwa model dapat menjelaskan 96.02% dari variasi dalam OER. Artinya, sebagian besar variabilitas dalam data OER dapat dijelaskan oleh tujuh

variabel independen yang digunakan dalam model (GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, dan GR7), menunjukkan bahwa model ini sangat efektif dalam memprediksi OER.

Importance dari variabel dalam model diukur menggunakan dua metrik: %IncMSE dan IncNodePurity. Metrik %IncMSE mengukur seberapa besar peningkatan Mean Squared Error (MSE) jika suatu variabel dihapus dari model, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan pentingnya variabel tersebut. Sementara itu, IncNodePurity mengindikasikan seberapa besar kontribusi variabel terhadap kemurnian node dalam pohon keputusan, di mana nilai yang lebih tinggi mengindikasikan kontribusi yang lebih signifikan. Dari hasil analisis ini, variabel GR1 dan GR4 menunjukkan kontribusi terbesar dalam memprediksi OER. Sebaliknya, variabel GR7 memiliki nilai %IncMSE negatif, yang menunjukkan bahwa keberadaannya dalam model justru dapat mengurangi akurasi prediksi.

Secara keseluruhan, model Random Forest ini menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam memprediksi OER, dengan tingkat akurasi yang tinggi dan residual yang relatif kecil. Dari ketujuh variabel yang digunakan, GR1, GR4 dan GR6 memiliki pengaruh terbesar dalam model. Hasil ini menunjukkan bahwa ketiga variabel tersebut berperan penting dalam mempengaruhi hasil ekstraksi minyak, dengan GR1 menjadi variabel yang paling signifikan.

```
# Membuat model Random Forest untuk memprediksi Oil Losses
model_rf_OilLosses <- randomForest('oil losses' ~ GR1 + GR2 + GR3 + GR4 + GR5 + GR6 + GR7, data = data, importance = TRUE)
print(model_rf_OilLosses)
importance(model_rf_OilLosses)
varImpPlot(model_rf_OilLosses)

# Membuat model Random Forest untuk memprediksi Oil Losses
model_rf_OilLosses <- randomForest('oil losses' ~ GR1 + GR2 + GR3 + GR4 + GR5 + GR6 + GR7, data = data, importance = TRUE)
print(model_rf_OilLosses)

[1]:
randomForest(formula = "oil losses" ~ GR1 + GR2 + GR3 + GR4 + GR5 + GR6 + GR7, data = data, importance = TRUE)
      Type of random forest: regression
      Number of trees: 500
      n. of variables tried at each split: 2

      Mean of squared residuals: 0.03977037
      % Var explained: 65.02

importance(model_rf_OilLosses)
      %IncMSE  IncNodePurity
[1] 14.530965    2.3414411
[2]  6.817692    1.1101256
[3]  6.998885    1.3596124
[4] 11.677309    2.0432360
[5]  6.943298    1.3019450
[6]  7.079924    1.2515201
[7]  1.357281    0.3857907
```

Gambar 4. 9 Prediksi Oil Losses

Pada gambar yang ditampilkan, model Random Forest digunakan untuk memprediksi *Oil Losses* berdasarkan variabel GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, dan GR7. Dari model yang digunakan, Mean of Squared Residuals memiliki nilai sebesar 0.0398. Angka ini menunjukkan rata-rata kuadrat dari residuals, yaitu selisih antara nilai aktual dan nilai prediksi dari model. Semakin kecil nilai ini, semakin akurat model dalam memprediksi data, yang menandakan performa yang baik dari model dalam memproyeksikan *Oil Losses*.

Persentase Variasi yang Dijelaskan (% Var explained) oleh model adalah sebesar 65.02%. Artinya, model mampu menjelaskan sekitar dua pertiga variasi dalam *Losses*, yang menunjukkan bahwa sebagian besar variabilitas dalam data dapat dijelaskan oleh variabel independen GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, dan GR7. Hal ini mengindikasikan bahwa model cukup efektif dalam menangkap pola hubungan antara variabel-variabel tersebut dan *Oil Losses*.

Kontribusi masing-masing variabel terhadap model dapat dilihat melalui analisis importance, yang menunjukkan variabel mana yang paling penting. Tabel

%IncMSE (Percent Increase in Mean Squared Error) menunjukkan peningkatan kesalahan prediksi jika variabel tertentu dihilangkan dari model. Dari hasil ini, terlihat bahwa GR1 memiliki nilai %IncMSE tertinggi sebesar 14.53, menjadikannya variabel yang paling berpengaruh dalam prediksi Oil Losses. GR4 juga memiliki peran penting dengan nilai %IncMSE sebesar 11.68, sementara GR7 memiliki pengaruh paling kecil terhadap prediksi dengan %IncMSE hanya sebesar 1.36. Ini berarti bahwa kontribusi GR7 terhadap model sangat rendah dan penghapusannya tidak akan mempengaruhi akurasi prediksi secara signifikan.

hasil dari IncNodePurity yang mengukur seberapa besar setiap variabel meningkatkan pemisahan dalam pohon keputusan juga mendukung pentingnya GR1 dan GR4 dalam model. Kedua variabel ini kembali menonjol sebagai yang paling signifikan dalam memprediksi Oil Losses, sementara GR7 memiliki nilai pemurnian node yang paling rendah. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa model Random Forest menunjukkan performa yang baik dalam memprediksi Oil Losses, dengan GR1 dan GR4 sebagai variabel yang paling berpengaruh, sedangkan GR7 memiliki peran yang sangat minimal dalam prediksi model.

```
> # Menampilkan hasil prediksi dari Random Forest
> pred_OER <- predict(model_rf_OER, data)
> pred_OilLosses <- predict(model_rf_OilLosses, data)
> # Membandingkan hasil prediksi dengan nilai aktual
> comparison_OER <- data.frame(Actual = data$OER, Predicted = pred_OER)
> comparison_OilLosses <- data.frame(Actual = data$oil_losses, Predicted = pred_OilLosses)
> head(comparison_OER)
  Actual Predicted
1 20.678 21.14778
2 20.480 20.91664
3 19.980 20.50806
4 21.670 21.42836
5 21.730 21.61512
6 21.020 21.23743
> head(comparison_OilLosses)
  Actual Predicted
1  1.030  1.047848
2  1.415  1.418976
3  1.790  1.655980
4  1.559  1.483172
5  1.620  1.479059
6  1.459  1.396043
```

Gambar 4. 10 Perbandingan hasil prediksi dengan nilai aktual

9 Gambar diatas menunjukkan hasil perbandingan antara nilai aktual dan nilai prediksi dari model Random Forest untuk variabel OER dan Oil Losses. Proses perbandingan ini dilakukan untuk mengevaluasi seberapa baik model mampu memprediksi nilai yang sebenarnya. Pada langkah awal, dua perintah predict() digunakan untuk menghasilkan nilai prediksi berdasarkan model Random Forest yang telah dibangun sebelumnya. Perintah `pred_OER <- predict(model_rf_OER, data)` menghasilkan prediksi untuk variabel OER, sementara `pred_OilLosses <- predict(model_rf_OilLosses, data)` menghasilkan prediksi untuk variabel Oil Losses.

Setelah prediksi diperoleh, langkah selanjutnya adalah membandingkan hasil prediksi dengan nilai aktual. Perbandingan ini dilakukan dengan membentuk dua data frame, yakni `comparison_OER` dan `comparison_OilLosses`. Data frame `comparison_OER` terdiri dari kolom Aktual, yang menunjukkan nilai aktual dari OER, serta kolom Predicted, yang berisi nilai prediksi dari model Random Forest.

Sementara itu, `comparison_OilLosses` berisi kolom Aktual yang menunjukkan nilai aktual dari *Oil Losses*, dan Predicted yang berisi nilai hasil prediksi model.

Hasil perbandingan ini kemudian ditampilkan menggunakan fungsi `head()`, yang menunjukkan enam baris pertama dari masing-masing data frame. Pada hasil `comparison_OER`, misalnya, dapat dilihat bahwa nilai aktual pertama adalah 20.678, sementara nilai prediksinya adalah 21.148, yang cukup dekat dengan nilai sebenarnya. Begitu pula pada hasil `comparison_OilLosses`, di mana nilai aktual pertama adalah 1.030 dan nilai prediksi model adalah 1.047, yang juga sangat dekat dengan nilai aktual.

12 Secara keseluruhan, hasil perbandingan ini menunjukkan bahwa model
6 Random Forest memiliki performa yang baik dalam memprediksi variabel OER dan
3 Oil Losses, dengan hasil prediksi yang cukup akurat dan mendekati nilai aktual. Hal ini menunjukkan bahwa model mampu menangkap pola dalam data dengan baik.

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

1 Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh tingkat kematangan Tandan Buah Segar (TBS) terhadap Losses dan rendemen *Oil Extraction Rate* (OER) di pabrik kelapa sawit, beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

34 1. Pengumpulan Data Grading, Losses, dan Rendemen OER yang dihasilkan dari penelitian menunjukkan adanya variasi signifikan dalam tingkat kematangan TBS, jumlah losses, dan hasil OER. Dari analisis data, ditemukan bahwa ada hubungan yang kuat antara kematangan TBS dengan Losses dan OER. TBS yang dipanen pada waktu kematangan yang ideal menghasilkan minyak dengan rendemen yang lebih tinggi dan mengurangi Losses secara signifikan.

5 2. Analisis Regresi Linear Berganda menunjukkan bahwa kematangan TBS memiliki dampak yang signifikan terhadap losses dan OER. Model ini memperlihatkan bahwa sebagian besar variasi dalam OER dan losses dapat dijelaskan oleh tingkat kematangan TBS, dengan nilai koefisien determinasi R-squared yang cukup tinggi. Dimana R-squared OER sebesar 0.981 menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan variasi dalam data dan R-squared Losses sebesar 0.705 model ini mampu menjelaskan variasi dalam data.

5

3. Analisis prediksi menggunakan Model Random Forest menunjukkan hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan Regresi Linear Berganda. Model ini mampu menjelaskan sekitar 96,02% variasi dalam OER dan sekitar 65,02% variasi dalam losses, yang menunjukkan bahwa Random Forest lebih mampu menangkap hubungan yang kompleks antara tingkat kematangan TBS dengan Losses dan OER.

4. Perbandingan Kinerja Model Regresi Linear Berganda dan Random Forest. Model Random Forest terbukti lebih unggul dalam memprediksi OER dan losses dibandingkan regresi linear berganda. Dengan tingkat error residual yang lebih rendah dan hasil prediksi yang lebih tepat. Misalnya untuk pengamatan nilai aktual OER adalah 20.68%, sedangkan nilai prediksi 21.15%. dan untuk pengamatan nilai aktual Losses adalah 1.03% sedangkan nilai prediksinya 1.05%. Random Forest menjadi metode yang lebih efektif untuk menganalisis hubungan antara kematangan TBS dengan Losses dan OER.

B. SARAN

Berdasarkan kesimpulan di atas, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Pihak manajemen pabrik kelapa sawit disarankan untuk meningkatkan pemantauan kematangan TBS sebelum memasuki proses ekstraksi. Penggunaan teknologi seperti penginderaan jauh atau analisis data spektroskopi dapat membantu dalam menentukan kematangan TBS secara lebih akurat, yang pada akhirnya akan meningkatkan kualitas dan kuantitas minyak yang dihasilkan.
2. Petani dan pekerja di pabrik kelapa sawit perlu diberikan pelatihan yang lebih intensif mengenai pentingnya panen pada waktu yang tepat. Pengetahuan yang baik tentang tanda-tanda kematangan TBS dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat, sehingga dapat mengurangi *Losses* dan meningkatkan rendemen minyak.
3. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi faktor-faktor lain yang mungkin mempengaruhi *Losses* dan OER, seperti kondisi lingkungan dan jenis tanah. Selain itu, studi lebih mendalam mengenai aplikasi teknologi baru dalam manajemen kematangan TBS juga disarankan untuk terus meningkatkan efisiensi produksi minyak kelapa sawit.

