



**PENENTUAN KANDUNGAN FENOLIK TOTAL SERBUK RIMPANG
KUNYIT (*Curcuma longa L.*) BEDA KETINGGIAN DAN MODEL
KLASIFIKASI MENGGUNAKAN NIR KEMOMETRIK**

SKRIPSI

Oleh :

VENI JULIE DWI SANTI

162210101020

BAGIAN KIMIA FARMASI

FAKULTAS FARMASI

UNIVERSITAS JEMBER

2020



**PENENTUAN KANDUNGAN FENOLIK TOTAL SERBUK RIMPANG
KUNYIT (*Curcuma longa L.*) BEDA KETINGGIAN DAN MODEL
KLASIFIKASI MENGGUNAKAN NIR KEMOMETRIK**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Farmasi
dan mencapai gelar Sarjana Farmasi

Oleh:

VENI JULIE DWI SANTI

NIM 162210101020

**BAGIAN KIMIA FARMASI
FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS JEMBER**

2020

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT atas segala limpahan kasih sayang, lindungan, rahmat, hidayah, ilmu, nikmat, kebahagiaan dan rizki yang tiada terhingga;
2. Alm. Heny Sri Agustin dan Bapak Darmaji tercinta atas doa, kasih sayang, pengorbanan dan kepercayaannya;
3. Guru, dosen dan pendidik Fakultas Farmasi Universitas Jember, SMAN 01 ARJASA, SMP Negeri 2 Jayapura dan SDN Inpres 581 Perumnas I Waena Jayapura yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan;
4. Almamater tercinta Fakultas Farmasi Universitas Jember

MOTTO

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagi kamu. Dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagi kamu. Allah Maha mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui”

(Al-Baqarah: 216)

“Ubah pikiranmu dan kau dapat mengubah duniamu”

(Norman Vincent Peale)

“Jika kamu ingin hidup bahagia, terikatlah pada tujuan, bukan orang atau benda”

(Albert Einstein)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Veni Julie Dwi Santi

NIM : 162210101020

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Penentuan Kandungan Fenolik Total Serbuk Rimpang Kunyit (*Curcuma longa L.*) Beda Ketinggian dan Model Klasifikasi Menggunakan NIR Kemometrik” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 6 Juli 2020

Yang menyatakan,

Veni Julie Dwi Santi

NIM 162210101020

SKRIPSI

**PENENTUAN KANDUNGAN FENOLIK TOTAL SERBUK RIMPANG
KUNYIT (*Curcuma longa L.*) BEDA KETINGGIAN DAN MODEL
KLASIFIKASI MENGGUNAKAN NIR KEMOMETRIK**

Oleh

Veni Julie Dwi Santi

NIM 162210101020

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : apt. Nia Kristiningrum, S.Farm., M.Farm

Dosen Pembimbing Anggota: apt. Lestyo Wulandari, S.Si., M.Farm

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Penentuan Kandungan Fenolik Total Serbuk Rimpang Kunyit (*Curcuma longa L.*) Beda Ketinggian Dan Model Klasifikasi Menggunakan NIR Kemometrik” karya Veni Julie Dwi Santi telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal :

Fakultas : Fakultas Farmasi Universitas Jember

Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

apt. Nia Kristiningrum, S.Farm., M.Farm

NIP. 1978087212003121001

apt. Lesty Wulandari, S.Si., M.Farm

NIP. 197604142002122001

Tim Penguji

Dosen Penguji Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M. Sc., Ph.D

NIP. 196902011994031002

apt. Indah Purnama Sary, S.Si., M.Farm

NIP.198304282008122004

Mengesahkan

Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember,

apt. Lesty Wulandari, S.Si., M.Farm

NIP. 197604142002122001

RINGKASAN

Penentuan Kandungan Fenolik Total Serbuk Rimpang Kunyit (*Curcuma longa L.*) Beda Ketinggian Dan Model Klasifikasi Menggunakan NIR Kemometrik; Veni Julie Dwi Santi; 162210101020; 114 halaman; Fakultas Farmasi Universitas Negeri Jember.

Curcuma longa L., atau kunyit adalah ramuan herbal dengan famili *Zingiberaceae*. Bagian rimpang kunyit dari tanaman kunyit banyak dimanfaatkan untuk kesehatan. Rimpang kunyit terbukti memiliki metabolit sekunder senyawa fenolik. Metabolit sekunder dalam rimpang kunyit yaitu senyawa fenol, membuktikan rimpang kunyit memiliki efek sebagai aktivitas antioksidan. Antioksidan adalah senyawa bioaktif yang berperan penting untuk yang mencegah kerusakan sel oksidatif yang bertindak sebagai radikal bebas. Senyawa fenolik adalah salah satu jenis antioksidan paling efektif yang ada pada tanaman.

Indonesia merupakan negara dengan kontur dataran yang tidak rata, diantaranya yaitu terdapat dataran rendah (0-200 mdpl), dataran sedang (201-700 mdpl), dan dataran tinggi (>700 mdpl). Ketinggian tempat tumbuh sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan metabolisme tanaman yang berbeda maka kandungan senyawa-senyawa yang dihasilkan akan berbeda juga.

Penentuan kandungan fenolik total pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rimpang kunyit yang tumbuh di ketinggian mana yang lebih berpotensi sebagai sumber senyawa fenolik. Setelah diketahui wilayah ketinggian mana yang lebih berpotensi, maka dilakukan penentuan model klasifikasi. Sampel yang digunakan adalah serbuk rimpang kunyit beda ketinggian di Kabupaten Pamekasan (dataran sedang dan dataran rendah) dan Kabupaten Bondowoso (dataran tinggi). Spektroskopi NIR merupakan metode yang dapat digunakan untuk membedakan rimpang kunyit berdasarkan ketinggian tempat tumbuhnya dan menetapkan kandungan senyawa fenolik. Data spektrum dari spektroskopi NIR sangat rumit dan tumpang tindih sehingga digunakan kemometrika secara kualitatif (LDA, SVM dan SIMCA) untuk membentuk model klasifikasi daun sirsak berdasarkan ketinggian tempat tumbuhnya dan secara kuantitatif (PLS, PCR dan SVR) untuk mengetahui kandungan fenolik total rimpang kunyit yang tumbuh di ketinggian yang berbeda. Model kemometrika (klasifikasi dan kalibrasi) yang telah terpilih divalidasi menggunakan metode validasi silang yaitu *Leave One Out Cross Validation* (LOOCV) dan *Two Fold Cross Validation* (2FCV).

Hasil kandungan fenolik total serbuk rimpang kunyit dari metode pembandingan menggunakan spektrofotometri UV-Vis menunjukkan bahwa kandungan fenolik total dataran rendah lebih tinggi dari pada dataran tinggi dan dataran sedang dengan nilai rata-rata kandungan fenolik total dataran rendah 5,63% b/b GAE \pm 0,292 sedangkan dataran tinggi nilai rata-rata kandungan fenolik totalnya 2,94 % b/b GAE \pm 0,821 dan dataran sedang sebesar 1,90 % b/b GAE \pm 1,104. Hasil tersebut didukung dengan uji *One-Way ANOVA* dan uji lanjutan *Post Hoc Turkey HSD* yang menunjukkan nilai sig. < 0,05 yang berarti

bahwa kandungan fenolik rimpang kunyit di dua kabupaten tersebut memang memiliki perbedaan yang signifikan.

Model LDA dan SVM yang terbentuk akurasi 100% sedangkan model SIMCA hanya 98,19%. Model kalibrasi terbaik adalah model PLS dengan nilai R^2 kalibrasi 0,9977583; R^2 validasi 0,9971091; RMSEC sebesar 0,0788267; dan RMSECV sebesar 0,0908559. Setelah itu dilakukan LOOCV dengan mengeluarkan set data sampel T3, S4, dan R1. Hasil validasi dari model klasifikasi LDA dan SVM keduanya menunjukkan nilai akurasi 100%, sedangkan untuk model kalibrasi PLS hasil validasi terbaik saat set data R1 dikeluarkan yaitu dengan nilai R^2 kalibrasi sebesar 0,9974902; R^2 validasi sebesar 0,9964955; RMSEC sebesar 0,0830149; dan RMSECV sebesar 0,0997624. Selanjutnya dilakukan 2FCV dengan menggunakan tiga set data *test set* yang menunjukkan hasil akurasi 100% untuk sampel LDA dan 89% untuk sampel SVM, serta hasil R^2 dan RMSE yang didapat adalah 0,9815797 dan 0,2326408 untuk model kalibrasi PLS. Model kemometrika yang terpilih dan tervalidasi yaitu model klasifikasi LDA dan kalibrasi PLS diaplikasikan pada sampel nyata berupa produk bubuk kunyit di pasaran. Model klasifikasi LDA berhasil memprediksi kategori semua sampel nyata dengan ketepatan atau akurasi 100%. Hasil penentuan kandungan fenolik total sampel nyata dari metode spektroskopi NIR dan kemometrika dibandingkan dengan hasil dari metode kolorimetri (menggunakan spektrofotometer UV-Vis) melalui *Paired Samples T Test*, nilai Sig. (2-tailed) untuk sampel nyata SN1, SN2, dan SN3 berturut-turut yaitu 0,641; 0,383; 0,484. Hasil nilai Sig. (2-tailed) > 0,05 dari ketiga sampel tersebut menunjukkan bahwa hasil penentuan kandungan fenolik total serbuk rimpang kunyit dengan metode spektroskopi NIR dan kemometrika sama atau tidak ada perbedaan signifikan jika dibandingkan dengan hasil dari metode pembanding kolorimetri (menggunakan spektrofotometer UV-Vis).

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penentuan Kandungan Fenolik Total Serbuk Rimpang Kunyit (*Curcuma longa L.*) Beda Ketinggian Dan Model Klasifikasi Menggunakan NIR Kemometrik”. Skripsi ini disusun guna memenuhi tugas akhir dan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa bantuan dan sumbangan pemikiran dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas izin dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir untuk mencapai gelar Sarjana Farmasi;
2. Ibu apt. Lestyo Wulandari, S.Si., M. Farm. selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember;
3. Ibu apt. Nia Kristiningrum, S.Farm., M.Farm selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu apt. Lestyo Wulandari, S.Si., M. Farm selaku Dosen Pembimbing Anggota yang senantiasa meluangkan waktu, pikiran, tenaga, perhatian dan kesabarannya dalam membantu penulisan skripsi ini;
4. Prof. Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M. Sc., Ph.D selaku Dosen Penguji I dan Ibu apt. Indah Purnama Sary, S.Si., M.Farm selaku Dosen Penguji II yang penuh kesabaran memberikan kritik, saran dan masukan kepada penulis;
5. Ibu apt. Lestyo Wulandari, S.Si., M. Farm selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan masukan, perhatian, bimbingan dan motivasi selama penulisan menempuh studi S1 Farmasi;
6. Seluruh Dosen Fakultas Farmasi Universitas Jember yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan wawasan selama masa perkuliahan, juga staf dan karyawan atas segala bantuan yang diberikan selama penulis menjadi mahasiswa Fakultas Farmasi Universitas Jember;

7. Alm. Heny Sri Agustin dan Bapak Darmaji selalu menjadi segalanya bagi penulis;
8. Vina Julie Dwi Sinta saudari yang selalu membantu dan mendukung serta memberikan masukan yang sangat berharga serta sepupu saya Adinda Laila Maharani yang selalu member dukungn bagi penulis;
9. Rekan penelitian satu penelitian dan satu DPU Kiki Qurniya Rukmana dan Sitti Lutviani serta sobat fenol selama penelitian Ida Ayu Yunita Widya Antari dan juga teman penyemangat Feny Dhea Camelia yang selalu siap siaga dan ikhlas memberikan bantuan tenaga, pikiran dan waktunya selama penulis menyelesaikan skripsi;
10. Sahabat Kizah Musdalifah dan Ayu Dewi Mashytoh yang selalu siap dan sabar serta selalu ada untuk mendengar keluh kesah dan memberikan semangat serta dukungan bagi penulis;
11. Keluarga besar mbah Sriyani dan para sesepuh dan leluhur yang selalu memberikan restu untuk setiap langkah penulis;
12. Ibu Wayan dan Mbak Hani selaku Teknisi Laboratorium Kimia Fakultas Farmasi Universitas Jember atas bantuan selama pengerjaan skripsi penulis;
13. Keluarga besar Morfin FFUJ Angkatan 2016 atas kekeluargaan dan kebersamaannya;
14. Serta untuk setiap yang tidak dapat tertulis datu persatu dan untuk segala doanya bagi penulis;

Hanya doa yang dapat diberikan penulis semoga segala kebaikan yang diberikan mendapatkan balasan dari-Nya. Penulis menyadari penyusunan dan penulisan skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat yang baik bagi perkembangan ilmu pengetahuan maupun penelitian di masa mendatang.

Jember, 6 Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
HALAMAN RINGKASAN	viii
HALAMAN PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR ISTILAH	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Profil Topografi Jawa Timur	6
2.2 Kabupaten Pamekasan	6
2.3 Kabupaten Bondowoso	7
2.4 Kunyit	8
2.5 Klasifikasi Kunyit	9
2.6 Manfaat Kunyit	10
2.7 Kandungan Kimia Kunyit	10
2.8 Fenolik	11

2.9	Asam Galat.....	12
2.10	Macam Metode untuk Penetapan Kandungan Fenolik Total.....	12
2.11	Penentuan Kandungan Fenolik Total menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dengan Reagen <i>Folin-Ciocalteau</i>	13
2.12	Spektroskopi <i>Near-Infrared</i> (NIR).....	14
2.13	Analisis Kemometrik.....	15
2.14	Validasi Silang	19
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1	Jenis Penelitian	21
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.3	Rancangan Penelitian.....	21
3.4	Alat dan Bahan Penelitian	22
	3.4.1 Alat Penelitian	22
	3.4.2 Bahan Penelitian.....	22
3.5	Variabel Penelitian	22
	3.5.1 Variabel Bebas.....	22
	3.5.2 Variable Terikat.....	23
	3.5.3 Variabel Terkendali	23
3.6	Alur Penelitian.....	23
3.7	Prosedur Penelitian	25
	3.7.1 Pengambilan Sampel	25
	3.7.2 Pembuatan Simplisia	26
	3.7.3 Penetapan Kadar Air dengan <i>Moisture Content Analyzer</i>	26
	3.7.4 Pengukuran Spektrum Sampel dengan Menggunakan Spektrofotometer NIR	26
	3.7.5 Penentuan Kadar Fenolik Total dengan Spektrofotometer UV-Vis.....	27
	3.7.6 Penentuan Model Klasifikasi.....	28
	3.7.7 Penentuan Model Kalibrasi	29
	3.7.8 Validasi Model Terpilih.....	30
	3.7.9 Aplikasi Pada Sampel Nyata	30
	3.7.10 Analisis Data	30

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Pengambilan Sampel dan Pembuatan Simplisia	31
4.2 Penetapan Kadar Air	32
4.3 Penentuan Kadar Fenolik Total.....	34
4.3.1 Optimasi Panjang gelombang Maksimum.....	34
4.3.2 Penentuan Waktu Operasional.....	35
4.3.3 Penentuan Kandungan Fenolik Total	36
4.4 Penentuan Model Klasifikasi.....	40
4.4.1 Pembentukan model klasifikasi LDA, SVM dan SIMCA.....	42
4.4.2 Validasi Model Klasifikasi Terpilih	44
4.5 Penentuan Model Kalibrasi	45
4.6 Validasi Model Kalibrasi	48
4.7 Aplikasi pada Sampel Nyata.....	49
4.8 Analisis Data dengan SPSS.....	50
BAB 5. PENUTUP	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Peta Topografi Jawa Timur	6
Gambar 2.2 Peta Topografi Pamekasan	7
Gambar 2.3 Peta Topografi Bondowoso	8
Gambar 2.4 Morfologi Kunyit (<i>Curcuma longa L.</i>)	9
Gambar 2.5 Struktur Kimia Fenol.....	11
Gambar 2.6 Struktur Kimia Asam Galat.....	12
Gambar 2.7 Reaksi Kimia Senyawa Fenol dan Reagen Folin-Ciocalteu.....	14
Gambar 2.8 Dasar Konfigurasi Instrumen NIR	15
Gambar 3.1 Skema Alur Penelitian.....	24
Gambar 4.1 Reaksi reduksi reagen <i>Folin-Ciocalteu</i>	34
Gambar 4.2 Grafik Panjang Gelombang Maksimum Standar Asam Galat	35
Gambar 4.3 Hasil optimasi waktu operasional	36
Gambar 4.4 Kurva baku regresi linier asam galat.....	37
Gambar 4.5 Diagram kandungan fenolik total serbuk rimpang kunyit dengan	39
Gambar 4.6 Spektra hasil <i>scanning</i> NIR.....	41
Gambar 4.7 Grafik pemetaan model klasifikasi LDA	42
Gambar 4.8 Grafik pemetaan model klasifikasi SVM.....	43
Gambar 4.9 Hasil pembentukan model kalibrasi PLS	46
Gambar 4.10 Hasil pembentukan model kalibrasi PCR.....	47
Gambar 4.11 Hasil pembentukan model kalibrasi SVR	47
Gambar 4.12 Hasil validasi 2FCV	49

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Sampel Training Set.....	25
Tabel 3.2 Sampel Test Set.....	26
Tabel 4.1 Hasil pengujian kadar air sampel training set	33
Tabel 4.2 Hasil pengujian kadar air sampel test set	33
Tabel 4.3 Hasil pengujian kadar air sampel nyata	33
Tabel 4.4 Hasil penentuan kandungana fenolik total sampel.....	38
Tabel 4.5 Tabel akurasi kemampuan pengenalan model klasifikasi LDA, SVM .	43
Tabel 4.6 Tabel pemetaan model SIMCA.....	43
Tabel 4.7 Hasil validasi LOOCV model klasifikasi LDA dan SVM.....	45
Tabel 4.8 Data hasil klasifikasi sampel pada validasi 2FCV model LDA.....	45
Tabel 4.9 Model kalibrasi sampel rimpang kunyit.....	47
Tabel 4.10 Hasil Validasi LOOCV model PLS	48
Tabel 4.11 Perbandingan kadar fenolik total metode NIR kemometrik dengan...	50

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Sampel yang Digunakan	59
Lampiran B. Identitas Sampel.....	61
Lampiran C. Kadar Kelembaban Sampel.....	62
Lampiran D. Penetapan Panjang Gelombang Maksimum	64
Lampiran E. Penetapan Waktu Operasional	69
Lampiran F. Kurva Baku Asam Galat.....	72
Lampiran G. Perhitungan Penentuan Kandungan Fenolik Total Sampel Serbuk Rimpang Kunyit Menggunakan Metode Kolorimetri Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis	73
Lampiran H. Spektra Sampel Hasil Pengukuran NIR.....	77
Lampiran I. Hasil Penentuan Klasifikasi dan Validasinya dengan Kemometrik dan Perhitungan Kemampuan Pengenalan.....	80
Lampiran J. Hasil Penentuan Kalibrasi dan Validasinya dengan Kemometrik	86
Lampiran K. Hasil Aplikasi Model Kalibrasi PLS Pada Sampel Nyata	91
Lampiran L. Hasil Analisis Data dengan SPSS 22	92

DAFTAR ISTILAH

2FCV	: <i>Two Fold Cross Validation</i>
LDA	: <i>Linear Discriminant Analysis</i>
LOOCV	: <i>Leave One Out Cross Validation</i>
mdpl	: <i>meter dari permukaan laut</i>
NIR	: <i>Near-infrared</i>
FC	: <i>Folin Ciocalteau</i>
PCA	: <i>Principal Component Analysis</i>
PCR	: <i>Principal Component Regression</i>
PLS	: <i>Partial Least Square</i>
RMSE	: <i>Root Mean Square Error</i>
RMSEC	: <i>Root Mean Square Error of Calibration</i>
RMSECV	: <i>Root Mean Square Error of Cross Validation</i>
SD	: <i>Standar Deviasi</i>
Sig.	: <i>Significance</i>
SIMCA	: <i>Soft Independent Modelling of Class Analogy</i>
SVM	: <i>Support Vector Machine Classification</i>
SVR	: <i>Support Vector Machine Regression</i>
UV-Vis	: <i>Ultraviolet-Visible</i>

BAB.1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di antara tanaman yang dikenal karena nilai pengobatannya adalah tanaman dari genus *Curcuma* yang mencakup 70 spesies yang diketahui. Genus *Curcuma* secara tradisional digunakan sebagai rempah-rempah, pengawet makanan, bahan pewarna dan berpotensi secara terapeutik. Salah satu genus *Curcuma* yang banyak digunakan sebagai obat tradisional adalah *Curcuma longa* L., atau yang biasanya di kenal dengan kunyit (El-kenawy dkk., 2019). Di negara berkembang, 80% orang bergantung secara eksklusif pada obat tradisional untuk perawatan kesehatan utama mereka menurut World Health Organization (Rupani dan Chavez, 2018). Tanaman obat tradisional yang berkhasiat dan yang telah banyak produknya dengan izin edar resmi dari BPOM salah satunya adalah kunyit (Rahman dkk., 2018). Kunyit merupakan salah satu bahan baku obat tradisional yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat. Bergantungnya masyarakat akan konsumsi obat tradisional membuat beberapa masyarakat mulai membudidayakan kunyit untuk kepentingan pribadi (kesehatan) yang dimanfaatkan untuk pembuatan jamu atau minuman segar yang dipercaya memiliki manfaat yang sangat besar untuk kesehatan ataupun adanya potensi dengan nilai ekonomi yang cukup tinggi (Notohadinegoro, 2006; Oktaviana dan Atmaka, 2015)

Produk alami dari kunyit (*C. longa*) telah terungkap menunjukkan efek antioksidan, analgesik, antibakteri, antijamur, antivirus, antiparasit, antiinflamasi, dan sifat melindungi pencernaan, radang sendi, diabetes, masalah hati dan ginjal, penyakit kardiovaskular dan beberapa jenis kanker. Rimpang yang telah dihancurkan digunakan secara eksternal sebagai antiseptik (El-kenawy dkk., 2019). Kunyit adalah tanaman dari *family Zingiberaceae* dengan sebagian besar berjenis rimpang (Ishimine dkk., 2003). Rimpang kunyit juga menunjukkan sifat antiinflamasi, antimikroba, antineoplastik, dan antioksidan (Rupani dan Chavez, 2018).

Berdasarkan penelitian terdahulu oleh Meng dkk., (2018), metabolit sekunder pada kunyit yang telah berhasil diisolasi dan diidentifikasi diantaranya adalah senyawa terpenoid yang terkandung dalam minyak atsiri (seperti monoterpenoid, seskuiterpenoid, diterpenoid, dan triterpenoid), senyawa kurkuminoid (seperti kurkumin, bisdemotoksi kurkumin, dan demotoksi kurkumin), senyawa fenolik, steroid, asam lemak, flavonoid, dan alkaloid. Rimpang kunyit memiliki beberapa kandungan kimia yang terdapat didalamnya (El-kenawy dkk., 2019). Berdasarkan hasil skrining fitokimia rimpang kunyit secara umum, senyawa yang telah berhasil diisolasi oleh Sawant dan Godghate (2013) diantara adalah alkaloid, saponin, steroid, tanin, antosianin, emodin, flavonoid, diterpen, fitosterol, fenol, phlobatannin, leukoantosianin, antrokuinon, kalkon, dan glikosida. Penelitian lain menyebutkan bahwa rimpang kunyit mengandung senyawa kimia antara lain karbohidrat, protein, starch, asam amino, steroid, glikosida, flavonoid, alkaloid, tannin dan saponin (Jyoti dan Rajeshwari, 2012).

Senyawa golongan fenol merupakan salah satu metabolit sekunder terbesar yang ada di tanaman (Rafi dkk., 2012). Senyawa fenol juga diketahui sangat berperan terhadap aktivitas antioksidan, semakin besar kandungan senyawa golongan fenolnya maka semakin besar aktivitas antioksidannya (Kusumowati dkk., 2011). Berdasarkan hasil metabolit sekunder yang telah dikonfirmasi oleh beberapa penelitian sebelumnya, metabolit sekunder dalam rimpang kunyit salah satunya adalah senyawa fenol, membuktikan rimpang kunyit memiliki efek sebagai aktivitas antioksidan. Antioksidan adalah senyawa bioaktif yang berperan penting untuk yang mencegah kerusakan sel oksidatif yang bertindak sebagai radikal bebas (Akter dkk., 2019). Senyawa fenolik adalah salah satu jenis antioksidan paling efektif yang ada pada tanaman (Sulasiyah dkk., 2018; Akter dkk., 2019).

Suatu tanaman dengan spesies yang sama dapat memiliki kandungan fitokimia berbeda yang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor tertentu, diantaranya yaitu faktor internal (seperti gen) dan faktor eksternal seperti suhu, kelembapan, cahaya, kandungan unsur hara dalam tanah, PH, dan

ketinggian tempat (Katuuk dkk., 2019). Laily (2012) juga menyebutkan bahwa ketinggian tempat sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Akibatnya pada tempat dengan ketinggian yang berbeda, maka metabolisme tanaman tersebut juga berbeda yang akan berpengaruh terhadap kandungan senyawa-senyawa yang dihasilkan (Katuuk dkk., 2019). Indonesia merupakan negara dengan kontur dataran yang tidak rata, diantaranya yaitu terdapat dataran rendah (0-200 mdpl), dataran sedang (201-700 mdpl), dan dataran tinggi (>700 mdpl) (Raden, 2019). Sehingga perlunya mengevaluasi aktivitas farmakologi suatu tanaman karena dipengaruhi oleh kadar metabolik sekunder dalam tanaman dengan ketinggian tempat tumbuh.

Mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh George dkk., (2012) penentuan kadar fenolik total dapat diukur dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Akan tetapi, metode spektrometer UV-Vis memiliki beberapa kekurangan diantaranya prosesnya membutuhkan tahapan analisis dan waktu yang cukup lama, serta berpotensi dapat merusak sampel karena degradasi fenol sebab membutuhkan prosedur ekstraksi sampel yang lama (Murti dkk., 2019). Penentuan kadar fenolik total dilakukan untuk mengetahui rimpang dengan ketinggian tempat tumbuh yang berpotensi sebagai antioksidan yang paling baik dengan melihat sumber senyawa fenolik pada rimpang kunyit tersebut. Setelah mendapatkan rimpang kunyit dengan sumber senyawa fenolik paling banyak, diperlukan model klasifikasi untuk membedakan rimpang kunyit dengan beda ketinggian yang sulit dibedakan berdasarkan morfologinya.

Penentuan model klasifikasi dapat dilakukan dengan menggunakan NIR (Biancolillo dkk., 2019). Spektrokopi NIR (*Near- Infrared*) adalah metode yang dengan teknologi analisis dengan cepat, praperlakuan sampel yang minimal/tidak sama sekali, tidak menimbulkan polusi, tidak memerlukan bahan kimia serta bersifat non-destruktif (Manley dan Baeten, 2018). Analisis multivariat perlu dilakukan karena banyaknya sampel serta dengan data yang dapat tumpang tindih sehingga sulit untuk dilakukan implementasi. Berbagai

teknik analisis multivariat dapat digunakan untuk mengekstraksi informasi analitis yang terkandung dalam spektrum NIR untuk mengembangkan model dan untuk memprediksi sifat yang relevan dari sampel yang tidak diketahui. Ada dua kelompok utama metode multivariat yang dapat dibedakan berdasarkan jenis analisis yang diperlukan, yaitu analisis kualitatif dan kuantitatif (Manley dan Baeten, 2018). Analisis kemometrik secara kualitatif (LDA, SVM, dan SIMCA) untuk menganalisis model klasifikasi rimpang kunyit beda ketinggian dan secara kuantitatif (PLS, PCR, dan SVR) untuk mengetahui kadar fenolik total pada rimpang dengan beda ketinggian.

Berdasarkan latar belakang diatas maka perlu dilakukan analisis penentuan kadar fenolik total dan pembentukan model klasifikasi pada serbuk rimpang kunyit. Penentuan kadar fenol total dilakukan dengan menggunakan reagen *Folin-Ciocalteu* yang selanjutnya akan diukur menggunakan Spektrofotometri UV-Vis serta penentuan model klasifikasi dengan menggunakan NIR kemometrik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah terdapat perbedaan kadar fenolik total pada setiap serbuk rimpang kunyit dengan beda ketinggian ?
2. Apakah metode NIR Kemometrik dapat menunjukkan klasifikasi yang tepat serbuk rimpang kunyit dengan beda ketinggian ?
3. Apakah metode NIR Kemometrik dapat digunakan untuk menentukan kadar fenol total pada serbuk rimpang kunyit dengan beda ketinggian ?
4. Apakah kadar fenol total pada serbuk rimpang kunyit beda ketinggian yang ditetapkan dengan NIR Kemometrik dan Spektrofotometri UV-Vis sebagai metode pembandingan yang memberikan hasil yang tidak berbeda signifikan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjawab rumusan masalah yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui perbedaan kadar fenolik total pada setiap serbuk rimpang kunyit dengan beda ketinggian.
2. Mengetahui kemampuan metode NIR Kemometrik dalam memberikan klasifikasi yang tepat serbuk rimpang kunyit dengan beda ketinggian.
3. Mengetahui kemampuan metode NIR Kemometrik dalam menentukan kadar fenol total pada serbuk rimpang kunyit dengan beda ketinggian.
4. Mengetahui hasil yang tidak berbeda signifikan kadar fenol total serbuk rimpang kunyit beda ketinggian yang ditetapkan dengan NIR Kemometrik dan Spektrofometri UV-Vis sebagai metode pembandingan.

1.4 Manfaat Penelitian

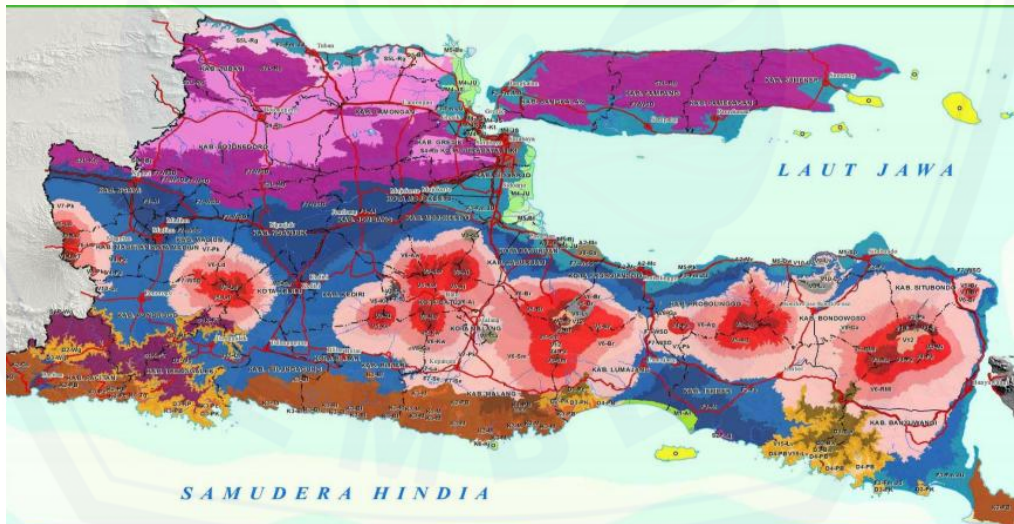
Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Memberikan informasi kadar fenol total yang terkandung dalam serbuk rimpang kunyit dengan ketinggian yang berbeda;
2. Memberikan pengetahuan tentang metode analisis yang cepat dan mudah;
3. Metode klasifikasi dapat digunakan sebagai kontrol kualitas obat tradisional berbahan baku rimpang kunyit.

BAB.2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Profil Topografi Jawa Timur

Jawa timur merupakan salah satu provinsi yang terletak dipulau Jawa yang terbagi kedalam 2 bagian yaitu Jawa timur daratan sebanyak 90% dan madura sebanyak 10%. Provinsi Jawa timur memiliki panjang (barat ke timur) 400 km dan lebar (utara ke selatan) sebesar 200 km dengan jumlah kepulauan sebanyak 287 pulau. Topografi Jawa timur dapat dilihat pada Gambar 2.1. Provinsi Jawa Timur tersusun atas tiga dataran yaitu dataran tinggi, sedang, dan rendah. Dataran tinggi merupakan dataran yang terletak pada ketinggian rata-rata >100 mdpl (seperti Malang, Trenggalek, Magetan, Blitar, Ngawi), dataran sedang memiliki rata-rata ketinggian 45-100 mdpl (seperti Kediri, Ponorogo, Nganjuk, Jember, Tulungagung, Lumajang), dan dataran rendah memiliki rata-rata ketinggian <45 mdpl (seperti Surabaya) (DIKPLHDPJT, 2017).



Gambar 2.1 Peta Topografi Jawa Timur (sumber: DIKPLHDPJT, 2017)

2.2 Kabupaten Pamekasan

Kabupaten pamekasan terletak pada $6^{\circ}51'$ - $7^{\circ}31'$ LS dan $113^{\circ}19'$ - $113^{\circ}58'$ BJ dengan luas wilayah sebesar 79.230 Ha dibagi menjadi 13 Kecamatan, 11 Kelurahan, dan 189 Desa. Topografi Kabupaten Pamekasan

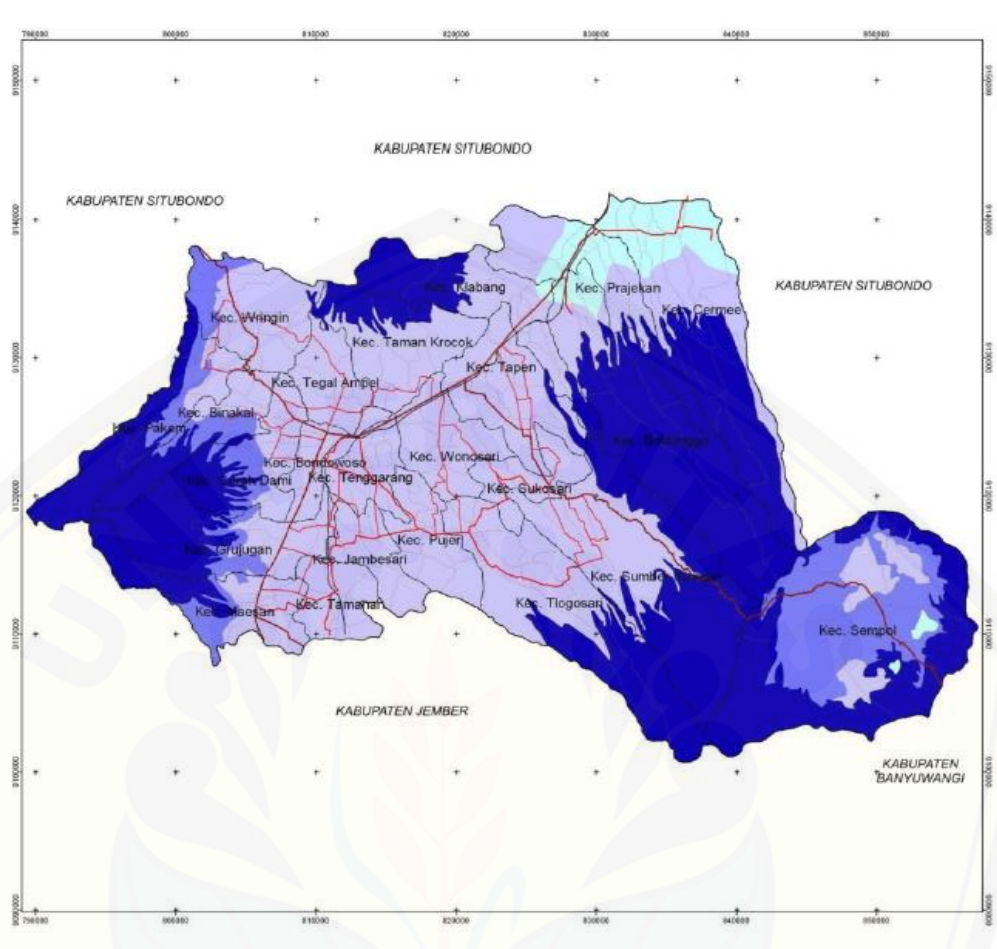
terdiri dari ketinggian dan kelerengan. Kisaran ketinggiannya yaitu mulai dari 0-340 mdpl dengan Kecamatan Pegantenan berada pada dataran tertinggi (312 mdpl) dan Kecamatan Galis terletak pada dataran terendah (6 mdpl) (RPIJM, 2017). Topografi Pamekasan dapat dilihat di Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Peta Topografi Pamekasan (sumber: RPIJM, 2017)

2.3 Kabupaten Bondowoso

Kabupaten Bondowoso terletak pada $113^{\circ}48'10''$ - $113^{\circ}48'26''$ Bujur Timur dan antara $7^{\circ}50'10''$ - $7^{\circ}56'41''$ Lintang Selatan dengan Luas wilayah Kabupaten Bondowoso mencapai 1.560,10 Km² atau sekitar 3,26% dari luas total Provinsi Jawa Timur, yang terbagi menjadi 23 Kecamatan, 209 Desa, 10 Kelurahan dan 1.133 Dusun. Keadaan topografi wilayah Kabupaten Bondowoso merupakan daratan yang bervariasi dengan 44,4% wilayahnya merupakan pegunungan dan perbukitan, 30,7% merupakan dataran rendah, dan 24,9% merupakan dataran tinggi yang dapat dilihat pada Gambar 2.3. Ditinjau dari ketinggiannya, Kabupaten Bondowoso rata – rata berada pada posisi 253 meter dpl (diatas permukaan laut) dengan puncak tertinggi 3.287 meter dpl (kecamatan sempol dan Sukosari) dan terendah 73 meter dpl (Kecamatan Cerme dan Prajekan) (PPUJTKB, 2013).



Gambar 2.3 Peta Topografi Bondowoso (sumber: RPI2JM, 2013)

2.4 Kunyit

Curcuma longa L., atau kunyit adalah ramuan herbal dengan famili *Zingiberaceae* yang dibudidayakan secara luas di Asia Tenggara, sebagian besar di India dan Cina (El-kenawy dkk., 2019). Ketinggian pohon *C. longa* adalah sekitar 91,44 cm dan daunnya tampak seperti struktur tombak dengan tusukan bunga kuning yang matang dalam rimpang berdaging. Komponen kunyit yang kuat dan yang bertanggung jawab atas warna kuningnya dikenal dengan nama yang berbeda di berbagai negara, misalnya, dinamai *curcumin* di negara-negara Arab, di India disebut safron atau Haridra (bahasa Sansekerta), Ayurvedic), dikenal sebagai Jianghuang (jahe kuning) di Cina, dan Kyoo atau Ukon di Jepang (El-kenawy dkk., 2019).

Pemanfaatan kunyit sebagai obat tradisional secara turun temurun telah membuktikan kunyit memiliki begitu banyak manfaat dan khasiat sebagai pengobatan. Penggunaan rimpang kunyit yang biasanya digunakan adalah jamu seduh atau produk ekstraksi (Rahman dkk., 2018). Morfologi tanaman kunyit dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Morfologi Kunyit (*Curcuma longa* L.) : (A) Tanaman, (B) Bunga, (C) Rimpang Kunyit dan Serbuk Kunyit (sumber: Mutiah, 2015)

2.5 Klasifikasi Kunyit

Taksonomi tanaman kunyit telah di jelaskan oleh Hardi, 2009 :

Klasifikasi Ilmiah

Nama Ilmiah	<i>Curcuma longa</i> Linn.
Divisi	Spermatophyta
Subdivisi	Magnoliophyta
Ordo	Zingiberaceae
Famili	Zingiberaceae

Genus	<i>Curcuma</i>
Spesies	<i>Curcuma longa</i> Linn.

2.6 Manfaat Kunyit

Kunyit memiliki beberapa kegiatan terapi dan farmakologis. Berikut ini adalah fitofarmakologi dan sifat terapeutik kunyit yang paling penting (Nasri dkk., 2014). Efek terapeutik yang dapat dihasilkan adalah antioksidan, analgesik, antibakteri, antijamur, antivirus, antiparasit, antiinflamasi, dan sifat melindungi pencernaan dan sedang diteliti sebagai pengobatan yang mungkin untuk penyakit Alzheimer, radang sendi, diabetes, masalah hati dan ginjal (Bar-Sela dkk., 2010), penyakit kardiovaskular (Wongcharoen dkk., 2012) dan beberapa jenis kanker (Huminiecki dkk., 2017). Rimpang yang telah dihancurkan digunakan secara eksternal sebagai antiseptik (El-kenawy dkk., 2019).

2.7 Kandungan Kimia Kunyit

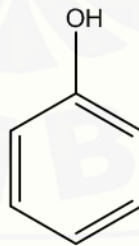
Curcumin terdiri dari beberapa komponen, yaitu *curcuminoids*, yang terdiri dari tiga kelompok yaitu 76.9% *curcumin*, 17.6% *demethoxycurcumin*, dan 5.5% bis *demethoxycurcumin*. Selain itu, mengandung minyak atsiri (*tumerone*, *atlantone*, dan *zingiberone*), gula, protein, dan resin. Curcumin larut dalam air karena merupakan polifenol lipofilik dan cukup konstan dalam pH asam lambung (El-kenawy dkk., 2019). Kunyit mengandung 69,4% karbohidrat, protein 6,3%, lemak 5,1%, mineral 3,5%. Minyak atsiri (5,8%) yang diperoleh dengan distilasi uap memiliki *Sesquiterpenes* (53%), *zingiberene* (25%), *α -phellandrene* (1%), *sabinene* (0,6%), *cineol* (1%), dan *borneol* (0,5%) . Kurkumin (3-4%) bertanggung jawab atas warna kuning, dan terdiri dari kurkumin I (94%), kurkumin II (6%) dan kurkumin III (0,3%). Turunan demetoksi dan bisdemetoksi kurkumin juga telah diisolasi dari kunyit. Curcumin memiliki titik leleh pada 176-177°C; membentuk garam coklat kemerahan dengan alkali dan larut dalam asam asetat, etanol, alkali, keton dan kloroform. Kehadiran *tumerone α* , *tumerone β* , *curzerenone*,

curdione, *mono* dan *di-demethoxycurcumin* telah dilaporkan dalam rimpang (Nasri dkk., 2014).

Metabolit sekunder yang telah diidentifikasi sebelumnya termasuk monoterpenoid, seskuiterpenoid, diterpenoid, triterpenoid, kurkuminoid, dan produk-produk yang mengkonjugasikan kurkuminoid dengan monoterpen atau sesquiterpen, senyawa fenolik, flavonoid, asam lemak, asam lemak dan alkaloid (Meng dkk., 2018).

2.8 Fenolik

Senyawa fenolik memainkan peran penting dalam manfaat kesehatan karena kapasitasnya yang sangat antioksidan. Senyawa fenolik, kelompok spesifik metabolit sekunder memainkan peran penting dalam memerangi stres oksidatif dalam tubuh manusia dengan menjaga keseimbangan antara oksidan dan antioksidan. Senyawa fenolik memiliki satu atau lebih cincin aromatik dengan satu atau lebih gugus hidroksil, dan umumnya dikategorikan sebagai asam fenolik, flavonoid, kumarin, dan tanin. Struktur kimia fenol dapat dilihat pada Gambar 2.5. Selain peran mereka dalam tanaman, senyawa fenolik dalam makanan kita dapat memberikan manfaat kesehatan yang terkait dengan berkurangnya risiko penyakit kronis seperti anti-alergi, antiatherogenic, anti-inflamasi, anti-mikroba, antioksidan, anti-trombotik, efek kardioprotektif, dan vasodilatory (Hung, 2014).



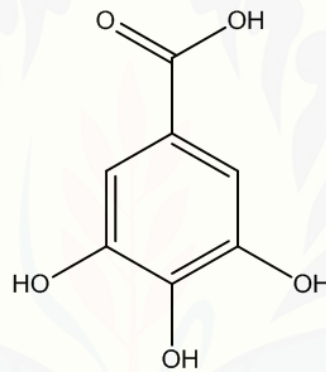
Gambar 2.5 Struktur Kimia Fenol

Efek menguntungkan yang berasal dari senyawa fenolik telah dikaitkan dengan sifat antioksidannya yang dapat melindungi terhadap penyakit degeneratif seperti penyakit jantung dan kanker yang terlibat dalam

spesies reaksi oksigen (mis., Anion superoksida, radikal hidroksil, dan radikal peroksi) (Hung, 2014).

2.9 Asam Galat

Asam galat merupakan senyawa turunan asam sinamat melalui jalur asam sikimat dengan bahan dasar *asam 3-dehidrosikimat*. Asam galat (3,4,5-trihidroksi benzoic acid) merupakan salah satu senyawa fenol yang memiliki aktifitas antivirus, antijamur, agen antikarsinogenik, antioksidan dan memiliki kemampuan sitotoksik melawan sel kanker tanpa merusak sel tubuh lainnya (Junaidi dan Anwar, 2018). Struktur kimia asam galat dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Struktur Kimia Asam Galat

2.10 Macam Metode untuk Penetapan Kandungan Fenolik Total

Banyak cara dan metode yang dapat dilakukan dalam penentuan kandungan fenolik total karena dilihat dari variasi struktur fenol yang luas. Metode yang dapat digunakan sebagai berikut:

1. Metode Kolorimetri

Metode pengujian *Folin-Ciocalteu* (F-C) adalah metode paling sederhana yang tersedia untuk pengukuran kandungan fenolik dalam produk. Metode uji FC telah digunakan sebagai ukuran polifenol dalam produk alami, dan mekanisme dasarnya adalah reaksi oksidasi / reduksi dengan gugus fenolik dioksidasi dan ion logam berkurang. Pada reaksi dengan reduktan,

molibdenum biru dan tungsten biru terbentuk dengan panjang gelombang 764 nm (Harizzui, 2019; Agbor dkk., 2014).

2. Metode DPPH

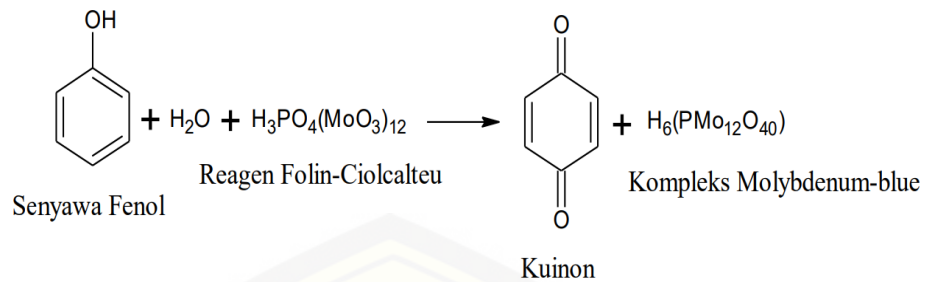
Metode DPPH adalah metode yang biasanya digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan. DPPH adalah senyawa nitrogen organik yang memiliki warna ungu dengan serapan panjang gelombang 515-520 (Pangesty, 2016).

3. Metode Voltametri

Salah satu metode lain untuk analisis fenol yaitu metode voltametri. Metode ini dapat menganalisis dengan limit deteksi mencapai 10^{-10} M. Analisis secara voltametri, ion-ion saling terpisah sesuai dengan potensial oksidasi-reduksinya, sehingga unsur-unsur major tidak mengganggu analisis unsur minor (Mulyono dan Setiarso, 2018).

2.11 Penentuan Kandungan Fenolik Total menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dengan Reagen *Folin-Ciocalteu*

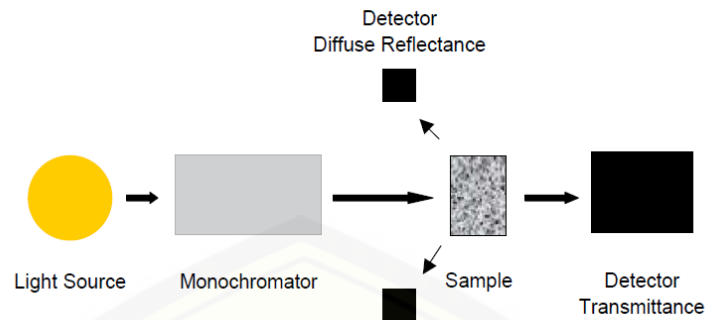
Penentuan Kandungan fenolik total menggunakan metode *Folin-Ciocalteu* adalah metode paling umum dan mudah untuk dilakukan (Gabriel, 2014). Metode *Folin-Ciocalteu* adalah metode dengan prinsip reaksi oksidasi / reduksi dengan gugus fenolik dioksidasi dan ion logam berkurang. Pada reaksi dengan reduktan, molibdenum biru dan tungsten biru terbentuk. Penentuan kandungan fenolik total dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Reagen *Folin-Ciocalteu* terdiri dari campuran asam heteropoli, asam fosfomolibdat dan fosfotungstat di mana molibdenum dan tungsten berada dalam keadaan oksidasi 6+ yang menghasilkan warna biru (Agbor dkk., 2014). Analisis dalam penentuan kandungan fenolik total selanjutnya dapat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis (George dkk., 2012).



Gambar 2.7 Reaksi Kimia Senyawa Fenol dan Reagen Folin-Ciocalteu (sumber: Hardiana dkk., 2012)

2.12 Spektroskopi *Near-Infrared* (NIR)

Spektroskopi NIR telah menjadi metode kontrol kualitas pilihan dalam industri makanan dan pakan karena keunggulannya dibandingkan teknik analitik lainnya. Spektroskopi NIR telah menjadi metode kontrol kualitas pilihan dalam industri makanan dan pakan karena keunggulannya dibandingkan teknik analitik lainnya. Spektroskopi NIR pada awalnya terbatas pada analisis butir kuantitatif tetapi sekarang aplikasi kuantitatif banyak digunakan di banyak bidang. Metode spektroskopi dengan referensi spesifik untuk spektroskopi NIR juga telah terbukti memiliki potensi untuk studi diskriminatif untuk menentukan keaslian beberapa bahan makanan dan kandungan bahan makanan (Manley dan Baeten, 2018). Prinsip dasar spektroskopi NIR melibatkan produksi, perekaman, dan interpretasi spektra yang timbul dari interaksi radiasi elektromagnetik dengan materi (Osborne dkk., 1993; Penner, 1994). Wilayah inframerah (IR) terdiri dari bagian dari spektrum elektromagnetik dalam kisaran panjang gelombang antara 780 dan 100.000nm dan dibagi menjadi sub-regional IR-dekat, IR-tengah, dan IR-jauh (Penner, 1994; Osborne, 2000); wilayah NIR mencakup rentang panjang gelombang dari 780 hingga 2500nm (Osborne, 2000). Ketika dibandingkan dengan spektrum yang dikumpulkan di wilayah mid-infrared (MIR), spektrum NIR biasanya menunjukkan beberapa puncak tajam yang terdefinisi dengan baik (Manley dan Baeten, 2018).



Gambar 2.8 Dasar Konfigurasi Instrumen NIR (sumber: Reich, 2005)

2.13 Analisis Kemometrik

Kemometrik adalah disiplin kimia yang menggunakan matematika dan statistik untuk merancang atau memilih prosedur eksperimental yang optimal, untuk memberikan informasi kimia maksimum yang relevan dengan menganalisis data kimia, dan untuk memperoleh pengetahuan tentang sistem kimia. Kemometrik memiliki peran mendasar dalam kalibrasi berbasis NIR dan kinerja metode dalam menurunkan model kalibrasi adalah aspek penting untuk dipertimbangkan. Berbagai teknik analisis multivariat dapat digunakan untuk mengekstraksi informasi analitis yang terkandung dalam spektrum NIR untuk mengembangkan model dan untuk memprediksi sifat relevan dari sampel yang tidak diketahui. Ada dua kelompok utama metode multivariat yang dapat dibedakan berdasarkan jenis analisis yang diperlukan, yaitu analisis kualitatif dan kuantitatif (Manley dan Baeten, 2018).

1. *Training set*

Training set digunakan untuk mempelajari model dan membentuk model klasifikasi (Liu dan Cocea, 2017).

2. *Test set*

Test set digunakan untuk mengevaluasi kinerja model klasifikasi yang dibentuk dari *training set* (Liu dan Cocea, 2017).

Sejak awal pengenalan teknik regresi multivariat oleh Norris, pengembangan berbagai prosedur matematika dan semakin meluasnya ketersediaan perangkat lunak komersial telah memberikan kontribusi yang

sangat besar terhadap ekspansi dan popularitas spektroskopi NIR saat ini. Pengembangan model kalibrasi untuk kuantifikasi konstituen dalam sampel dimungkinkan dengan menghubungkan sifat fisik atau kimia dari sampel yang diselidiki dengan penyerapan radiasi dalam rentang panjang gelombang NIR. Model kalibrasi kualitatif tergantung pada perbandingan spektra sampel yang akan diidentifikasi dengan spektrum sampel yang diketahui (Manley dan Baeten, 2018).

Pengembangan kalibrasi NIR kuantitatif melibatkan pengumpulan satu set sampel kalibrasi dengan nilai referensi yang diketahui (konstituen kimia, karakteristik fisik, atau sifat-sifat lainnya) mencakup sebanyak mungkin rentang variasi yang diharapkan dalam sampel mendatang atau sampel yang tidak diketahui. Model kalibrasi ini, setelah divalidasi pada set validasi independen, kemudian dapat digunakan untuk memprediksi properti atau konstituen dalam sampel yang tidak diketahui berdasarkan spektrum NIR tersebut (Manley dan Baeten, 2018).

Metode analisis multivariat kualitatif digunakan untuk mengenali kesamaan dalam data spektral NIR. Analisis kualitatif diarahkan untuk mengekstraksi informasi tentang satu atau lebih sifat fungsional penting dari sampel yang dapat digunakan untuk menyaring sampel berdasarkan sifat fungsional yang diinginkan. Teknik analisis data multivariat kualitatif dikenal sebagai metode pengenalan pola (Osborne, 2000) karena pengaplikasian umumnya melibatkan perbandingan spektrum dan pencarian persamaan atau perbedaan (Manley dan Baeten, 2018).

1. *Linear Discriminant Analyze (LDA)*

LDA adalah teknik klasifikasi terawasi di mana jumlah kategori dan sampel milik masing-masing kategori didefinisikan sebelumnya. Metode ini menghasilkan sejumlah fungsi diskriminan linier, sama dengan jumlah kategori -1, yang memungkinkan sampel untuk diklasifikasikan dalam satu atau beberapa kategori lain. Jarak Mahalanobis dari setiap objek dari centroid dari kategori dihitung dan objek ditugaskan ke cluster terdekat (Manley dan Baeten, 2018).

2. *Support Vector Machine (SVM)*

SVM adalah *two-class classifier*. SVM telah terbukti bermanfaat untuk klasifikasi nonlinier. Salah satu manfaat SVM adalah tidak membutuhkan sampel dalam jumlah besar untuk pengembangan model dan tidak terpengaruh oleh keberadaan pencilan. Dengan pengembangan *least-square-SVM (LS-SVM)*, yang merupakan algoritma alternatif SVM, perhitungan yang lebih rumit seperti dalam SVM dihindari (Manley dan Baeten, 2018).

3. *Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA)*

Terlepas dari masalah yang berkaitan dengan klasifikasi sederhana, SIMCA diterapkan pada kelas masalah diskriminatif yang lebih umum, misalnya identifikasi. Ini adalah prosedur di mana spektrum mentah dikompresi dengan menggunakan PCA, yaitu, data yang menggambarkan sampel dari masing-masing jumlah kelas atau kelompok yang relevan dikumpulkan dan model PCA terpisah dihitung untuk masing-masing dari kelompok yang diinginkan analisis kualitatif. Kelas dengan demikian dimodelkan secara independen satu sama lain dan model cluster memperlakukan sampel baru secara terpisah. SIMCA pertama memusatkan dan kemudian mengompresi data mentah dengan menggunakan; ruang multidimensi dibangun yang berisi skor yang sesuai dengan masing-masing kelompok. Sisa spektrum, yang merupakan indikasi seberapa banyak spektrum dari sampel yang diberikan tidak dijelaskan oleh model PCA, memberikan ukuran keanggotaan kelas yang dapat diandalkan dan sensitif. Dengan menggabungkan dua jarak residual, probabilitas kritis dari sampel yang tidak diketahui milik kelas tertentu dapat diuji. SIMCA diklaim memiliki keunggulan dalam pemisahan bahan yang sangat mirip (Manley dan Baeten, 2018).

4. *PLS (Partial Least Square)*

PLS merupakan salah satu metode analisis yang dapat dilakukan pada semua skala data. PLS terkadang disebut sebagai "*component-based SEM*" atau "*variance-based SEM*". Disisi respon, PLS dapat menghubungkan variabel independen ke variabel dependen ganda (respon). Disisi prediktor,

PLS dapat menangani banyak variabel independen, bahkan ketika prediktor menampilkan *multikolinieritas*. PLS dapat diimplementasikan sebagai model regresi, memprediksi satu atau lebih dependen dari satu set atau lebih independen atau dapat diimplementasikan sebagai model jalur, menangani jalur sebab akibat yang berhubungan dengan prediktor serta jalur yang menghubungkan prediktor dengan variabel respon (Garson, 2016). PLS sendiri selain digunakan sebagai konfirmasi teori yang telah ada landasannya, tetapi juga dapat digunakan untuk menentukan hubungan yang landasan teorinya masih belum ada atau untuk penentuan proporsi dan juga dapat digunakan sebagai pemodelan struktural yang bersifat reflektif atau formatif (Jaya, 2008).

5. PCR (*Principal Component Regression*)

PCR adalah teknik untuk menganalisis data regresi berganda multikolinieritas. Ketika multikolinieritas terjadi, estimasi kuadrat terkecil tidak bias, tetapi nilai variannya besar sehingga mungkin jauh dari nilai sebenarnya. Dengan menambahkan tingkat bias pada estimasi regresi, PCR mengurangi kesalahan standar dan diharapkan dapat memberikan estimasi yang lebih andal. Model yang dihasilkan oleh PCR dapat digambarkan dengan persamaan regresi $\underline{Y} = \underline{X}\underline{B} + \underline{e}$, dengan \underline{Y} adalah variabel dependen, \underline{X} mewakili variabel independen, \underline{B} adalah koefisien regresi yang harus diperkirakan, dan \underline{e} mewakili kesalahan atau residu (Hintze, 2007).

6. SVR (*Support Vector Machine Regression*)

Support Vector Machines (SVM) merupakan mesin pembelajaran yang menerapkan prinsip induktif minimalisasi risiko struktural untuk mendapatkan generalisasi yang baik pada sejumlah pola pembelajaran. SVM mengimplementasikan algoritma pembelajaran yang berguna untuk mengenali pola halus dalam kumpulan data yang kompleks. Algoritma melakukan pembelajaran klasifikasi diskriminatif dengan sampel untuk memprediksi klasifikasi data yang sebelumnya tidak terlihat. SVM pertama kali diperkenalkan oleh Vapnik. Ada dua kategori utama pada SVM yaitu *support vector classification* (SVC) dan *support vector regression* (SVR). Versi SVM

untuk regresi telah diusulkan pada tahun 1997 oleh Vapnik, Steven Golowich, dan Alex Smola yang disebut dengan *support vector regression* (SVR). Secara analog, model yang dihasilkan oleh SVR hanya bergantung pada subset dari training data, karena fungsi biaya (*cost function*) untuk membangun model mengabaikan data pelatihan apa pun yang dekat (dalam ambang ε) dengan prediksi model (Awad dan Khanna, 2015).

2.14 Validasi Silang

Validasi silang adalah metode validasi untuk memvalidasi model pada dataset uji independen dan tidak menggunakan sampel untuk pengujian saja. Untuk validasi silang sampel berturut-turut tidak termasuk dalam set data. Dalam validasi silang parsial, sampel dihapus dalam kelompok, sedangkan dalam validasi silang penuh, semua sampel dihapus satu per satu. Setelah setiap penghapusan, analisis multivariate dilakukan pada sisa sampel sebelum diuji pada sampel yang dilepaskan. Sampel pertama kemudian diganti menjadi data kalibrasi atau klasifikasi dan sampel berikutnya dihapus. Prosedur berlanjut sampai semua sampel atau kelompok sampel telah dihapus satu kali (Manley dan Baeten, 2018).

Langkah terakhir dalam pengembangan kalibrasi dan klasifikasi NIR adalah statistik, yang bertujuan untuk menarik kesimpulan dari data dan membuat keputusan secara variabilitas (Wold, 1995) dan diperlukan untuk interpretasi data yang dikumpulkan dan evaluasi efisiensi dan akurasi model kalibrasi dan klasifikasi (Manley dan Baeten, 2018).

a. *Leave-one-out*

LOOCV adalah validasi dengan menghapus atau meninggalkan satu sampel untuk validasi silang. Sampel percobaan tunggal digunakan sebagai validasi data dan sampel percobaan yang lain digunakan sebagai *training set*. Dilakukan secara berulang untuk setiap pengamatan sampel sebagai data validasi.

b. *Two Fold Cross Validation (2FCV)*

Teknik validasi ini adalah teknik yang digunakan dengan cara dibagi data sampel uji menjadi dua bagian yaitu *training set* (pembentukan model) dan *test set* (validasi model yang telah dibentuk).



BAB.3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah *true experimental laboratories*, yaitu penelitian yang dilakukan di laboratorium.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia, Fakultas Farmasi, Universitas Jember. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari Februari 2020 sampai selesai.

3.3 Rancangan Penelitian

Langkah awal dalam penelitian ini yaitu dilakukan pengambilan sampel rimpang kunyit (*Curcuma longa L.*) di dua wilayah dengan ketinggian tempat yang berbeda yaitu Kabupaten Pamekasan (0-700 mdpl) dan Kabupaten Bondowoso (>700 mdpl). Sampel diproses dengan cara memperkecil ukuran lalu dilakukan pengeringan kemudian di haluskan menggunakan blender hingga menjadi serbuk dan diayak. Serbuk kemudian di tetapkan kadar airnya menggunakan *moisture content analyzer*. Setelah kadar air <10% sampel serbuk rimpang kunyit di ukur spektrumnya menggunakan NIR dan di analisis beda ketinggian menggunakan model klasifikasi LDA (Raden, 2019). Sampel yang telah teridentifikasi kemudian dibagi menjadi dua kelompok sampel yaitu kelompok *training set* dan *test set*. Dilakukan penentuan kandungan fenolik total pada seluruh sampel (*training set* dan *test set*) dengan menggunakan metode kolorimetri (*Folin-Ciocalteu*) dan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis sebagai metode pembanding pembanding. Data spektrum NIR sampel *training set* dibentuk model klasifikasi dengan metode spektroskopi NIR kemometrik (LDA, SVM dan SIMCA). Selanjutnya data spektrum *training set* pada NIR dan UV-Vis dikombinasikan membentuk model kalibrasi dengan metode spektroskopi NIR

Kemometrik (PLS, PCR dan SVR). Selanjutnya model kalibrasi dan klasifikasi yang telah terbentuk dilakukan evaluasi dengan metode *Leave One Out Cross Validation* (LOOCV), kemudian dilakukan metode *2 folds Cross Validation* (2FCV) dengan data test set sampel. Model klasifikasi dan kalibrasi yang terpilih dan telah tervalidasi akan dialokasikan pada sampel nyata. Data hasil yang diperoleh akan dianalisis dengan metode statistik menggunakan SPSS.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan adalah spektrofotometer NIR *Brimrose Luminar 3070*, perangkat lunak *Brimrose*, perangkat *Unscrambler X 10.4* (Camo), spektrofotometer UV-Vis (Hitachi U-1800), perangkat lunak Google Earth, timbangan analitik digital (Sartorius), alat pemotong, alat penyerbuk, ultrasonikator, *moisture content analyzer*, ayakan mesh 100, vial, corong gelas, labu kur, pipet mikro (*Socorex*), kuvet dan alat-alat gelas.

3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah sampel (*training set* dan *test set*) rimpang kunyit (*Curcuma longa L.*) beda ketinggian yang diambil dari Kabupaten Pamekasan dan Kabupaten Bondowoso, sampel nyata rimpang kunyit (*Curcuma longa L.*), metanol 98%, akuades, kertas saring, baku asam galat (sigma), pereaksi *Folin-Ciocalteu* (merck) dan Na_2CO_3 .

3.5 Variabel Penelitian

3.5.1 Variabel Bebas

Variabel bebas penelitian ini adalah perbedaan tempat tumbuh dengan beda ketinggian rimpang kunyit yaitu dataran rendah, dataran sedang dan dataran tinggi.

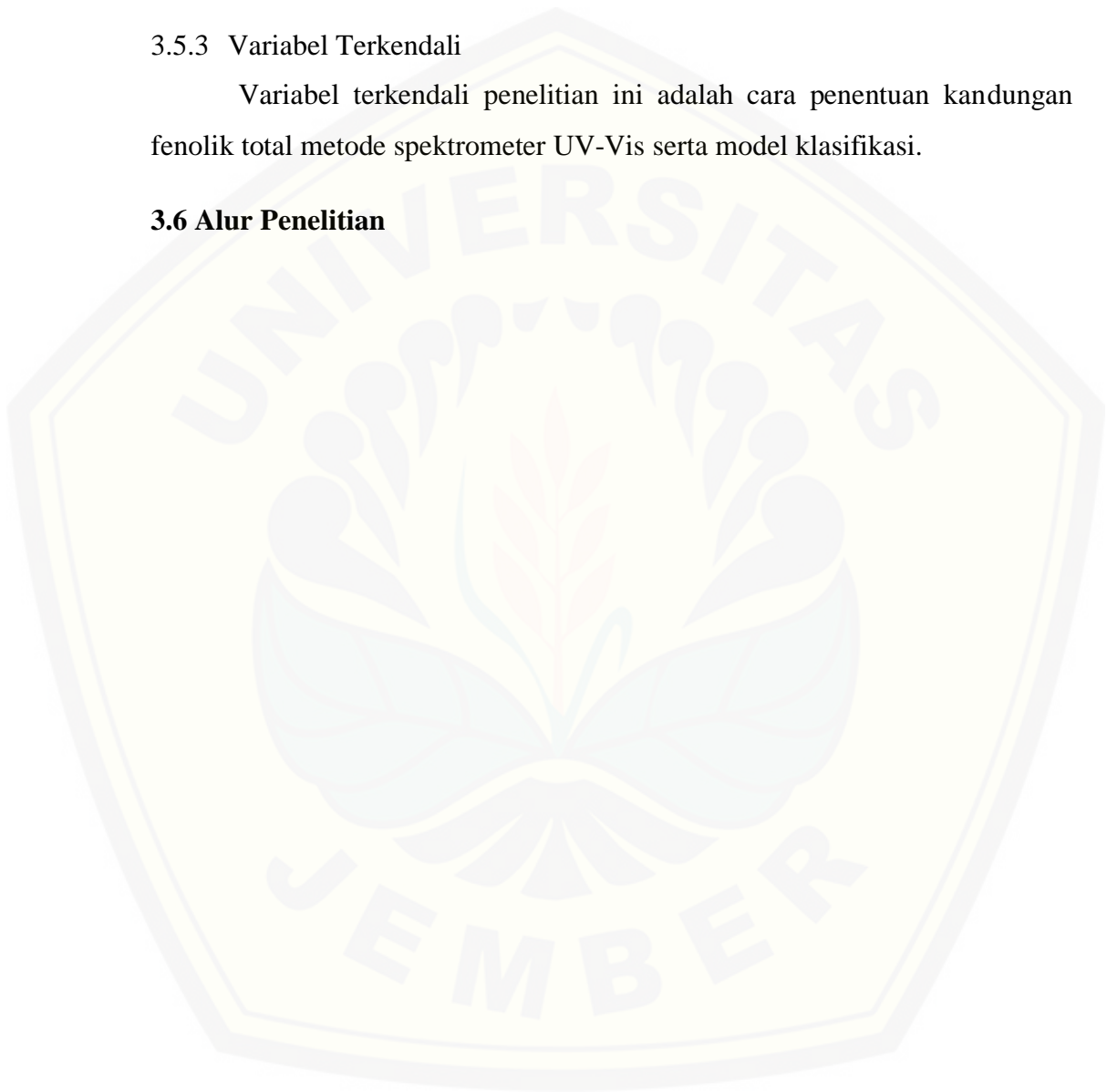
3.5.2 Variable Terikat

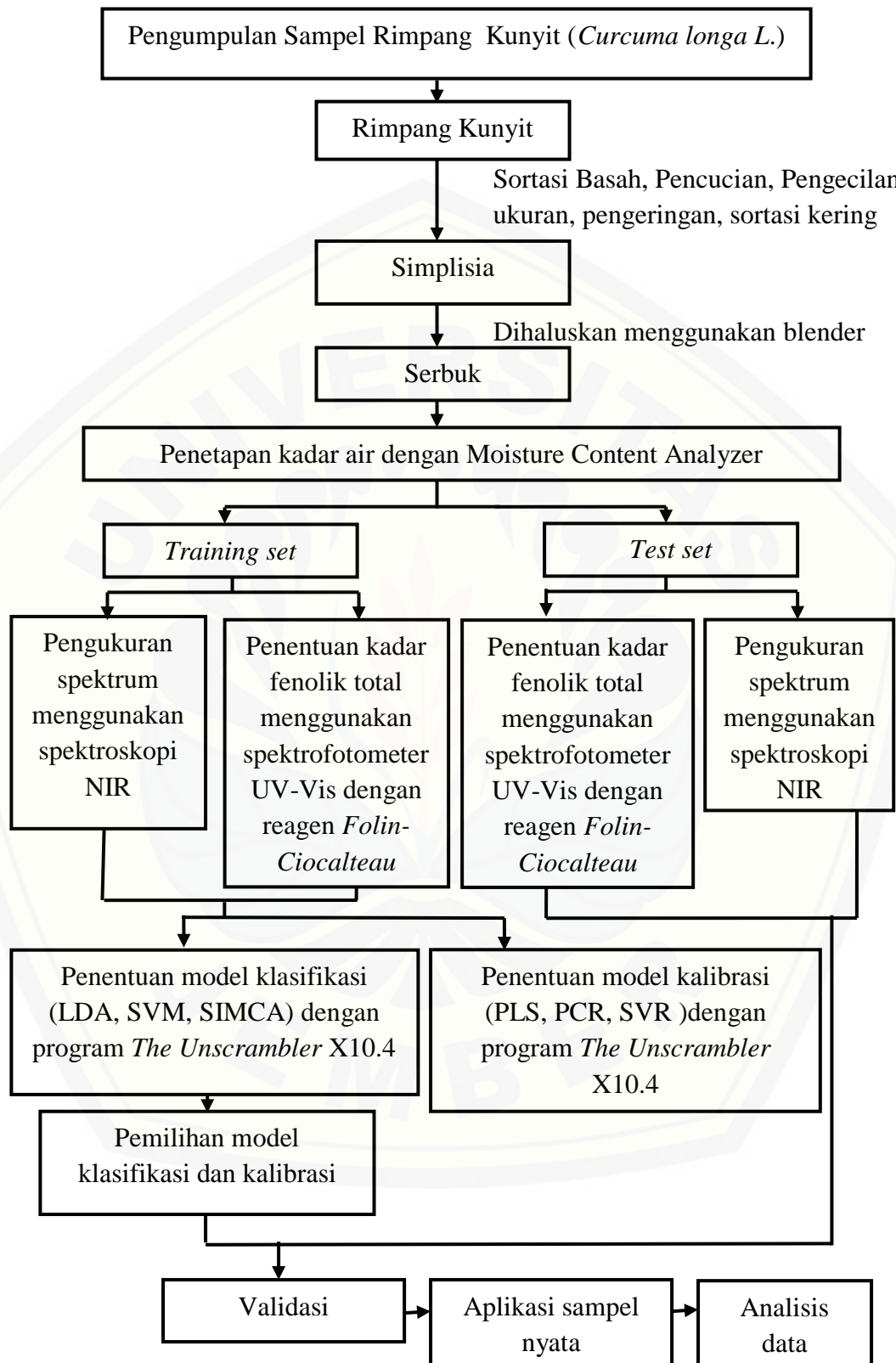
Variable terikat penelitian ini adalah kandungan fenolik total dan model klasifikasi rimpang kunyit dari dua kabupaten dengan ketinggian tempat tumbuh yang berbeda.

3.5.3 Variabel Terkendali

Variabel terkendali penelitian ini adalah cara penentuan kandungan fenolik total metode spektrometer UV-Vis serta model klasifikasi.

3.6 Alur Penelitian





Gambar 3.1 Skema Alur Penelitian

3.7 Prosedur Penelitian

3.7.1 Pengambilan Sampel

Sampel diambil dengan teknik pengambilan *Simple Random Sampling*. *Simple Random Sampling* adalah teknik pengambilan sampel yang paling dasar dan mudah dimana setiap tempat dan populasi memiliki peluang yang sama untuk dimasukkan dalam sampel dan semua sampel dengan berbagai ukuran tertentu memiliki peluang seleksi yang sama (West, 2016). Sampel diambil pada tiga dataran pertama dataran rendah yaitu dataran dengan ketinggian 0-200 mdpl, dataran sedang yaitu dataran dengan ketinggian 201-700 mdpl, dan dataran tinggi yaitu dataran dengan ketinggian >700 mdpl (Raden, 2019). Sampel diambil pada Kabupaten Bondowoso dan Kabupaten Pamekasan dengan pemilihan sampling sampel berdasarkan faktor kemudahan. Sampel *training set* pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1 dan sampel *test set* dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3.1 Sampel Training Set

Kabupaten	Kecamatan	Kode	Ketinggian	Keterangan
Kabupaten Bondowoso	Kecamatan Pakem	T1	907 mdpl	Dataran Tinggi
	Kecamatan Sempol	T2	918 mdpl	
	Kecamatan Grujugan	T3	1674 mdpl	
	Kecamatan Curahdami	T4	1325 mdpl	
Kabupaten Pamekasan	Kecamatan Pakong	S1	255 mdpl	Dataran Sedang
	Kecamatan Pegantenan	S2	312 mdpl	
	Kecamatan Pasean	S3	298 mdpl	
	Kecamatan Proppo	S4	253 mdpl	
Kabupaten Pamekasan	Kecamatan Galis	R1	6 mdpl	Dataran Rendah
	Kecamatan Pademawu	R2	57 mdpl	
	Kecamatan Tlanakan	R3	51 mdpl	
	Kecamatan Pamekasan	R4	52 mdpl	

Tabel 3.2 Sampel Test Set

Kabupaten Bondowoso	Kecamatan Ijen	T5	1850 mdpl	Dataran Tinggi
Kabupaten Pamekasan	Kecamatan Batumarmar	S5	254 mdpl	Dataran sedang
Kabupaten Pamekasan	Kecamatan Laragan	R5	87 mdpl	Dataran Rendah

3.7.2 Pembuatan Simplisia

Semua sampel disortasi basah dan dicuci dengan air mengalir kemudian di perkecil ukurannya untuk mempercepat proses pengeringan dan mempermudah proses penyerbukan. Pengeringan dilakukan dengan cara diangin-anginkan tanpa terkena matahari langsung dan di dapat simplisia. Simplisia di serbuk dengan blender, lalu di ayak dengan ayakan mesh 100.

3.7.3 Penetapan Kadar Air dengan *Moisture Content Analyzer*

Penetapan kadar air serbuk kunyit dengan menggunakan *Moisture Content Analyzer*. Pertama tekan tombol start pada display kemudian masukkan pan pada alat. Setelah pan dimasukkan kemudian tutup alat dan tekan tombol *zero*. Setelah itu masukkan serbuk kunyit sebanyak 5 gram pada pan yang telah diatur pada suhu 105°C lalu tutup penutup *moisture analyzer*nya. Alat akan mulai bekerja setelah ditutup dan nilai dari kelembaban serbuk kunyit yang akan tertera pada layar *moisture analyzer*.

3.7.4 Pengukuran Spektrum Sampel dengan Menggunakan Spektrofotometer NIR

Pengukuran spektrum semua sampel serbuk rimpang kunyit menggunakan instrumen spektroskopi NIR Brimrose Luminar 3070. Setelah instrument dinyalakan ditinggu 30 menit (*warming up*), kemudian dibuka perangkat lunak *Brimrose*. Sampel diletakkan diatas plat dan ditekan dengan ketebalan dan ketinggian yang sama untuk setiap replikasi sampel. Setiap sampel dilakukan 5 kali replikasi dengan 3 kali penembakan. Dilakukan untuk semua sampel. Setelah selesai perangkat lunak *Brimrose* dimatikan, selanjutnya data yang diperoleh dianalisis dengan perangkat lunak *The Unscrambler X 10.4*.

3.7.5 Penentuan Kadar Fenolik Total dengan Spektrofotometer UV-Vis

a. Pembuatan Larutan Uji

Semua sampel serbuk rimpang kunyit ditimbang 25 mg dan dibuat tiga replikasi untuk setiap sampel. Selanjutnya diletakkan pada labu ukur 10 ml ad metanol 98% dan dihasilkan konsentrasi 2500 ppm. Larutan sampel diultrasonikasi selama 10 menit kemudian disaring dengan corong gelas dan kertas saring. Dilakukan pengenceran dengan mengambil 1 ml larutan sampel dan tambah dengan 1 ml metanol 98%, pengenceran dilakukan 2 kali, pengenceran kedua diambil 1 ml larutan pada pengenceran pertama kemudian dilarutkan dengan 1 ml metanol 98%.

b. Pembuatan Larutan Baku Asam Galat

Asam galat ditimbang 12.5 mg dan dilarutkan dengan metanol 98% dalam labu ukur 25 ml dan dihasilkan konsentrasi 500 ppm (sebagai larutan induk). Selanjutnya dilakukan pengenceran larutan induk dengan mengambil sejumlah tertentu sehingga dihasilkan konsentrasi 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm, 80 ppm dan 100 ppm dalam labu ukur 10 ml dan dilarutkan metanol 98%.

c. Penetapan Panjang Gelombang Maksimum

Larutan baku 30 ppm dipipet 100 μ l kemudian ditambah 500 μ l *Folin-Ciocalteu* (1:10 v/v air), kemudian didiamkan 6 menit. Selanjutnya ditambah 400 μ l Na_2CO_3 (7,5% b/v air), kemudian didiamkan selama waktu operasional 35 menit (Raden, 2018). Selanjutnya diukur absorbansinya dengan panjang gelombang 200-800 nm. Panjang gelombang maksimum yang dipilih yaitu absorbansi pada panjang gelombang yang mencapai puncaknya.

d. Penetapan Waktu Operasional

Larutan baku 30 ppm di pipet 100 μ l dan ditambah dengan 500 μ l *Folin-Ciocalteu* (1:10 v/v air), kemudian didiamkan 6 menit. Selanjutnya ditambah 400 μ l Na_2CO_3 (7,5% b/v air). Larutan sampel uji masing-masing 1 perwakilan (dataran rendah, dataran sedang dan dataran tinggi) dilakukan langkah tersebut juga. Selanjutnya diukur dengan panjang gelombang 764 nm (hasil optimasi) dari menit ke-0 sampai ke-100 dengan interval waktu 5 menit.

Waktu operasional dipilih saat absorbansi telah mencapai stabil dengan tidak ada lagi perubahan absorbansi.

e. Pembentukan Kurva Baku Asam Galat

Larutan baku 30 ppm dipipet 100 μl kemudian ditambah 500 μl *Folin-Ciocalteu* (1:10 v/v air), kemudian didiamkan 6 menit. Selanjutnya ditambah 400 μl Na_2CO_3 (7,5% b/v air), kemudian didiamkan selama waktu operasional 90 menit (hasil waktu operasional). Data hasil absorbansi kemudian diolah sehingga terbentuk persamaan regresi pada kurva baku larutan baku asam galat.

f. Penentuan Kandungan Fenolik Total

Larutan sampel uji dipipet 100 μl kemudian ditambah 500 μl *Folin-Ciocalteu* (1:10 v/v air), kemudian didiamkan 6 menit. Selanjutnya ditambah 400 μl Na_2CO_3 (7,5% b/v air), kemudian didiamkan selama waktu operasional 90 menit (hasil waktu optimasi) untuk semua sampel uji, dan diukur absorbansinya dengan panjang gelombang 764 nm. Data absorbansi yang didapat kemudian diolah dengan persamaan regresi larutan baku asam galat sehingga diperoleh kadar fenolik total dengan persamaa %b/b asam galat ekuivalen (% b/b GAE).

3.7.6 Penentuan Model Klasifikasi

Data spektrum sampel *training set* diolah dengan perangkat lunak *The Unscrambler X 10.4*. Penentuan model klasifikasi dengan metode LDA, SVM dan SIMCA dengan cara: perangkat dibuka dan data dimasukkan dengan cara memilih *file*, *import data*, kemudian dipilih *Brimrose* dan akan muncul data spektrum dengan masing-masing panjang gelombang. Lalu dibuat kategori yaitu kategori “Rendah”, kategori “Sedang” dan kategori “Tinggi”, kategori ini dikelompokkan dengan cara mengklik *define range* dan *column range* untuk kategori dan absorbansi, kemudian dibuat model klasifikasi yaitu:

1. *Linear Discriminat Analysis (LDA)*

Model ini dilakukan dengan proses klik *tasks*, *analyze* kemudian pilih *Linear Discriminat Analysis*, dikatakan valid bila % akurasi yaitu 100% yang berarti hasil prediksi bahwa model telah sesuai dengan klasifikasi sebenarnya.

2. *Support Vector Machine (SVM)*

Model ini dilakukan dengan cara klik *tasks* lalu *analyze* kemudian *Support Vector Machine* dikatakan valid bila % akurasi yaitu 100% yang berarti hasil prediksi bahwa model telah sesuai dengan klasifikasi sebenarnya.

3. *Soft Independent Modelling of Class Analogy (SIMCA)*

Model ini dilakukan pertama-tama model PCA pada setiap kategori harus dibuat terlebih dahulu dengan cara memilih data spektrum sesuai dengan kategorinya lalu klik *tasks* lalu *analyze* kemudian pilih *Principal Component Analysis*. Selanjutnya dilakukan analisis SIMCA dengan cara klik *tasks* lalu *analyze* kemudian pilih *Soft Independent Modelling of Class Analogy* dikatakan valid bila % akurasi yaitu 100% yang berarti hasil prediksi bahwa model telah sesuai dengan klasifikasi sebenarnya.

3.7.7 Penentuan Model Kalibrasi

Model kalibrasi ini di buat dengan data semua sampel uji *training set* dengan metode PCR, SVR dan PLS. Data absorbansi dari instrumen NIR dianalisis dengan metode PCR, SVR dan PLS agar membentuk model kalibrasi. Data absorbansi diberi tanda variabel x (sebagai prediktor) dan data konsentrasi diberi tanda variable y (sebagai respon). Model kalibrasi kemudian dibuat dengan proses: perangkat *The Unscrambler* dibuka dan masukkan data dengan memklik file lalu *import* data kemudian dipilih *Brimrose* dan akan muncul data panjang gelombang untuk setiap kategori. Memasukkan data yang telah menunjukkan kandungan fenolik total dari metode spektrometer UV-Vis. Selanjutnya data dikelompokkan dengan dipilih *define range* dan *column range*. Kemudian model dibuat dengan cara mengklik *tasks* lalu *analyze* dan dipilih *Principle Component Regression* untuk analisis PCR, dipilih *Partial Least Square* untuk analisis PLS, dipilih

Support Vector Machine Regression untuk analisis SCR. Model kalibrasi dipilih berdasarkan prediksi terbaik dengan nilai R besar dan nilai RMSEC dan RMSECV kecil.

3.7.8 Validasi Model Terpilih

1. *Leave-One-Out-Cross Validation* (LOOCV)

Mengevaluasi data dengan cara mengambil 1 set data sampel uji rimpang kunyit dari *training set* sebagai set validasi. Untuk data yang tersisa akan dibuat untuk membentuk model baru.

2. *2-Fold-Cross-Validation* (2FCV)

Mengevaluasi data dengan cara mengambil 3 set data sampel uji rimpang kunyit dari *test set*. Spektrum data tersebut diolah dan data absorbansi digunakan sebagai prediktor pada model validasi yang terpilih.

3.7.9 Aplikasi Pada Sampel Nyata

Model kemometrik yang telah tervalidasi kemudian diaplikasikan pada serbuk rimpang kunyit diluar Kabupaten Bondowoso dan Kabupaten Pamekasan. Data spektrum sampel nyata pada data absorbansi digunakan sebagai prediktor pada model validasi yang terpilih kuantitatif (kandungan fenolik total).

3.7.10 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan program *SPSS 22 trial version* menggunakan hasil penetapan kandungan fenolik total serbuk rimpang kunyit dari 3 wilayah dan dilakukan uji normalitas dan dilakukan uji *One-Way ANOVA* dan *Post Hoc* untuk melihat ada atau tidaknya perbedaan yang signifikan dari data tersebut. Selanjutnya data kandungan fenolik total pada Spektrofotometer UV-Vis dan Spektrofotometer NIR dibandingkan dengan *Paired-Samples T-Test*, dengan tingkat kepercayaan 95% dengan nilai Signifikan (Sig.) 0,01 dan nilai Sig. (*2-tailed*) 0,05.

BAB.5 PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kandungan fenolik total serbuk rimpang kunyit dataran rendah lebih tinggi dari pada dataran tinggi dan dataran sedang dengan nilai rata-rata kandungan fenolik total 5,63% b/b GAE \pm 0,0239 sedangkan dataran tinggi nilai rata-rata kandungan fenolik totalnya 2,94 % b/b GAE \pm 0,0198 dan dataran sedang sebesar 1,90 % b/b GAE \pm 0,0167.
2. Metode NIR kemometrik dapat digunakan untuk mengklasifikasikan serbuk rimpang kunyit beda ketinggian yang berasal dari Kabupaten Pamekasan dan Kabupaten Bondowoso dengan model klasifikasi yang terbentuk yaitu *Linear Discriminant Analysis* (LDA) yang memiliki hasil akurasi sebesar 100%.
3. Metode NIR kemometrik dapat digunakan untuk mengkalibrasi kandungan fenolik total pada serbuk rimpang kunyit beda ketinggian yang berasal dari Kabupaten Bondowoso dan Kabupaten Pamekasan dengan model kalibrasi *Partial Least Square* (PLS) yang memiliki nilai R^2 0,9815797 dan nilai RMSE 0,2326408.
4. Tidak terdapat perbedaan rerata kandungan fenolik total yang bermakna antara metode spektrofotometri UV-Vis dan NIR-Kemometrik, yaitu ditunjukkan pada uji *Paired Sample T-Test* dengan nilai sig. (*2-tailed*) $>0,05$ pada tingkat kepercayaan 95%.

Saran

Berdasarkan penelitian, saran yang dapat diberikan yaitu perlu dibentuk model klasifikasi dan kalibrasi dengan asal daerah sampel yang lebih luas dan lebih baik serta lebih prediktif dengan jumlah sampel yang lebih banyak sehingga model yang dibentuk dapat diimplementasikan pada wilayah yang lebih luas dan cakupan rentang konsentrasi lebih luas untuk kadar sampel yang akan dikuantitasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agbor, G. A., J. A. Vinson, dan P. E. Donnelly. 2014. Folin-ciocalteau reagent for polyphenolic assay. *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics*. 3:147–156.
- Agustina, S., Y. A. Purwanto, dan I. W. Budiastara. 2015. Prediksi kandungan kimia mangga arumanis selama penyimpanan dengan spektroskopi nir arumanis mango chemical contents prediction during storage using. *Jurnal Keteknik Pertanian*. 3(1):57–63.
- Akter, J., A. Hossain, K. Takara, Z. Islam, dan D.-X. Hou. 2019. Comparative biochemistry and physiology , part c antioxidant activity of di fferent species and varieties of turmeric (curcuma spp): isolation of active compounds. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*. 215(September 2018):9–17.
- Awad, M. dan R. Khanna. 2015. *Efficient Learning Machines : Theories, Concepts, and Applications for Engineers and System Designers*. Dalam The Expret’s Voice in Machine Learning. American: Friends of Apress.
- Biancolillo, A., P. Firmani, R. Bucci, A. Magri, dan F. Marini. 2019. Determination of insect infestation on stored rice by near infrared (nir) spectroscopy. *Microchemical Journal*. 145(August 2018):252–258.
- BPOM. 2014. *Persyaratan Mutu Obat Tradisional*. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia.
- Chang, C., D. Laird, dan M. J. Mausbach. 2001. Near-infrared reflectance spectroscopy – principal components regression analyses of soil properties near-infrared reflectance spectroscopy – principal components. *Agricultural and Biosystems Engineering*. 65:480–490.
- Damayanti, F., A. Z. Arifin, dan R. Soelaiman. 2010. Pengenalan citra wajah menggunakan metode two-dimensional linear discriminant analysis dan support vector machine. *Jurnal Ilmiah KURSOR*. 5(3)

- Depkes RI. 2008. *Farmakope Herbal Indonesia*. Edisi EDISI I. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Dewi, M. K. C. 2018. Penentuan kandungan fenolik total serbuk daun sirsak (*annona muricata* L.) varietas ratu dan lokal dan model klasifikasi nir kemometrik. *Repository Universitas Jember*
- DIKPLHDPJT. 2017. *Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Timur Tahun 2017*. Jawa Timur
- El-kenawy, A. E., S. M. A. Hassan, dan H. H. Osman. 2019. Mangosteen (*garcinia mangostana* L.). *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*. (2005):313–319.
- George, V. C., N. Kumar, V. Rajkumar, P. K. Suresh, dan R. A. Kumar. 2012. Quantitative assessment of the relative antineoplastic potential of the n-butanolic leaf extract of *annona muricata* linn . in normal and immortalized human cell lines. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. 13(February 2012):699–704.
- Georgieva, M., I. Nebojan, K. Mihalev, N. Yoncheva, J. G. Kljusurić, dan Ž. Kurtanjek. 2013. Application of nir spectroscopy and chemometrics in quality control of wild berry fruit extracts during storage. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*. 8(3–4):67–73.
- Hardi, S. 2009. *100 Resep Sembuhkan Hipertensi, Obesitas Dan Asam Urat*. Edisi PT Elex Me. Jakarta: Gramedia.
- Hardiana, R., Rudiyanasyah, dan T. A. Zaharah. 2012. AKTIVITAS antioksidan senyawa golongan fenol dari beberapa jenis tumbuhan famili malvaceae. *Jurnal Kimia*. 1(1):8–13.
- Hintze, J. L. 2007. *Descriptive Statistics, Means, Quality Control, and Design of Experiments*. United States: NSCC.
- Hung, P. Van. 2014. Phenolic compounds of cereals and their antioxidant capacity. *Food Science and Nutrition*. (August):37–41.

- Ishimine, Yoshito, M. A. Hossain, Yukio Ishimine, dan S. Murayama. 2003. Optimal planting depth for turmeric (*curcuma longa* l.) cultivation in dark red soil in okinawa island southern japan. *Plant Production Science*. 6(1):83–89.
- Jaya, I. G. N. M. 2008. Pemodelan persamaan structural dengan partial least square. *Semnas Matematika Dan Pendidikan Matematika*. 118–132.
- Junaidi, E. dan Y. A. S. Anwar. 2018. Aktivitas antibakteri dan antioksidan asam galat dari kulit buah lokal yang diproduksi dengan tanase. *Jurnal Penelitian Kimia*. 14(1):131–142.
- Jyoti, S. dan S. Rajeshwari. 2012. Evaluation of phytochemical constituent in conventional and non conventional species of curcuma. *International Research Journal of Pharmacy*. 3(8):5–6.
- Katuuk, R. H. ., S. A. Wanget, dan P. Tumewu. 2019. Mahasiswa program studi agroteknologi fakultas pertanian universitas sam ratulangi manado 2) dosen program studi agroteknologi fakultas pertanian universitas sam ratulangi manado jl. kampus unsrat manado, 95515 telp (0431) 846539. *Universitas Sam Ratulangi Manado Press*. 1(4)
- Kawiji, W. Atmaka, dan P. R. Otaviana. 2011. Kajian kadar kurkuminoid, total fenol dan aktivitas antioksidan ekstrak temulawak (*curcuma xanthorrhiza* roxb) pada berbagai teknik pengeringan dan proporsi pelarutan. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. IV(1)
- Kusumowati, I. T. D., R. Melannisa, dan K. Ratri. 2011. Korelasi kandungan fenolik dan aktivitas antioksidan daun jambu mete. *Biomedika*. 3(2):25–30.
- Liu, H. dan M. Cocea. 2017. Semi-random partitioning of data into training and test sets in granular computing context. *Granular Computing*. 2(4):357–386.
- Manley, M. dan V. Baeten. 2018. *Spectroscopic Technique : Near Infrared (NIR) Spectroscopy*. Dalam *Modern Techniques for Food Authentication*. Elsevier Inc.
- Mantanus, J. 2012. *New Pharmaceutical Applications Involving Near Infrared*

Spectroscopy as a PAT Compliant Process Analyzer. Belgium: University of Liege, Faculty of Medicine. *Doctoral Thesis in Biomedical and Pharmaceutical Sciences Academic*.

Meng, F., Y. Zhou, D. Ren, R. Wang, C. Wang, L.-G. Lin, X.-Q. Zhang, W.-C. Ye, dan Q.-W. Zhang. 2018. Turmeric: a review of its chemical composition, quality control, bioactivity, and pharmaceutical application. *Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes*. 1–30.

Mulyono, D. I. S. dan P. Setiarso. 2018. Penggunaan graphene oksida (go) sebagai elektroda kerja untuk analisis fenol secara cyclic voltammetry. *UNESA Journal of Chemistry*. 7(3):105–111.

Murti, Y. B., Y. S. Hartini, W. Leonardus, J. Hinrichs, H. W. Frijlink, dan D. Setyaningsih. 2019. UV-vis spectroscopy to enable determination of the dissolution behavior of solid dispersions containing curcumin and piperine. *Journal of Young Pharmacists*. 11(1):26–30.

Mutiah, R. 2015. Evidence based kurkumin dari tanaman kunyit (curcuma longa) sebagai terapi kanker pada pengobatan modern. *Jurnal Farma Sains*. 1(1):28–41.

Nasri, H., N. Sahinfard, M. Rafieian, S. Rafieian, dan M. Shirzad. 2014. Turmeric: a spice with multifunctional medicinal properties. *Journal of HerbMed Pharmacology*. 3(1):5–8.

Notohadinegoro, K. T. 2006. KONSEP sempit lingkup pertanian kendala berat bagi pembangunan nasional. *Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada*. IV(September 1999):24–26.

Oktaviana, P. R. dan W. Atmaka. 2015. Kadar kurkuminoid , total fenol dan aktivitas antioksidan ekstrak temulawak (curcuma xanthorrhiza) pada berbagai teknik pengeringan dan proporsi pelarutan. *Biofarmasi*. 13(2):41–49.

Pangestuty, A. 2016. Uji aktivitas antioksidan dan penetapan kadar fenolik total fraksi etil asetat ekstrak etanol buah bini [antidesma bunius l. (spreng)]

dengan metode 2,2-difenil-1-1-pikrilhidrazil (dpph) dan metode folin-ciocalteu. *Universitas Sanata Dharma Press*

PPUJTKB. 2013. *Potensi Dan Produk Unggulan Jawa Timur : KABUPATEN BONDOWOSO*. Bondowoso

Pratiwi, D. dan I. Wardaniati. 2019. Pengaruh variasi perlakuan (segar dan simplisia) rimpang kunyit (*curcuma domestica*) terhadap aktivitas antioksidan dan kadar fenol total. *Jurnal Farmasi Higea*. 11(2)

Primasari, F. 2011. Pengolahan kunyit untuk pembuatan jamu serbuk di pj. bisma sehat. *Universitas Sebelas Maret*

Raden, A. Y. N. S. 2019. Penentuan Model Klasifikasi dan Kandungan Daun Sirsak (*Annona Muricata L.*) Varietas Lokal di Bangkalan, Jember dan Batu Menggunakan Spektroskopi NIR dan Kemometrika. Universitas Jember.

Rafi, M., N. Widyastuti, E. Suradikusumah, dan L. K. Darusman. 2012. Aktivitas antioksidan, kadar fenol dan flavonoid total dari enam tumbuhan obat indonesia. *Jurnal Bahan Alam Indonesia*. 8(3)

Rahayu, W. S., P. I. Utami, dan S. I. Fajar. 2009. Penetapan kadar tablet ranitidin menggunakan metode spektrofotometri uv-vis dengan pelarut metanol. *PHARMACY*. 06(03):104–125.

Rahman, A. A., N. Yulia, dan E. D. Kosasih. 2018. Optimalisasi pemanfaatan kunyit dalam peningkatan status kesehatan dan kemandirian ekonomi masyarakat kelurahan kahuripan kota tasikmalaya. *Journal of Character Education Society*. 1(1):82–88.

Ramli, N. S., P. Ismail, dan A. Rahmat. 2014. Influence of conventional and ultrasonic-assisted extraction on phenolic contents , betacyanin contents , and antioxidant capacity of red dragon fruit (*hylocereus polyrhizus*). *The Scientific World Journal*. 2014:7.

Ratnasari, F. A., L. Wulandari, dan N. Kristiningrum. 2016. Penentuan kadar fenol total pada ekstrak daun tanaman menggunakan metode spektroskopi nir

- dan kemometrik (determination of total phenolic in leave extracts using spectroscopy nir and chemometric). *E-Jurnal Pustaka Kesehatan*. 4(2):235–240.
- Reich, G. 2005. Near-infrared spectroscopy and imaging : basic principles and pharmaceutical applications. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 57:1109–1143.
- Rivai, H., U. Andalas, dan S. Misfadhila. 2019. Analisis kualitatif dan kuantitatif kandungan kimia dari ekstrak heksan , aseton , etanol dan air dari rimpang kunyit (*curcuma domestica val*). (March)
- RPI2JM. 2013. *Profil Kabupaten Bondowoso*. Bondowoso
- RPIJM. 2017. *(Rencana Program Investasi Jangka Menengah) Bidang Cipta Karya Kabupaten Pamekasan Tahun 2017-2021*. Pamekasan
- Rukmana, R. 1994. *Kunyit*. Yogyakarta: Kanisius.
- Rupani, R. dan A. Chavez. 2018. Medicinal plant with traditional use: ethnobotani in the india subcontinent. *Clinics in Dermatology*. 03(005):14.
- S´anchez-Rangel, J. C., J. Benavides, J. B. Heredia, L. Cisneros- Zevallos, dan D. A. Jacobo-Vel´azquez. 2013. The folin – ciocalteu assay revisited : improvement of its speci fi city for total phenolic content determination. *The Royal Society Of Chemistry*. 1(5):5990–5999.
- Salim, M., Yahya, H. Sitorus, T. Ni’mah, dan Marini. 2016. Hubungan kandungan hara tanah dengan produksi senyawa metabolit sekunder pada tanaman duku (*lansium domesticum corr var duku*) dan potensinya sebagai larvasida. *Jurnal Vektor Penyakit*. 10(1):11–18.
- Sawant, R. S. dan A. G. Godghate. 2013. Qualitative phytochemical screening of rhizomes of. *International Journal of Science, Environment and Technology*. 2(4):634–641.
- Sulasiyah, R. P. Sarjono, dan A. L. N. Aminin. 2018. Antioxidant from turmeric fermentation products (*curcuma longa*) by *aspergillus oryzae*. *Jurnal Kimia*

Sains Dan Aplikasi. 21(1):13–18.

Sundari, R. 2016. Pemanfaatan dan efisiensi kurkumin kunyit (*curcuma domestica* val) sebagai indikator titrasi asam basa. *Teknoin Universitas Islam Indonesia*. 22(8):595–601.

West, P. W. 2016. Simple random sampling of individual items in the absence of a sampling frame that lists the individuals. *New Zealand Journal of Forestry Science*. 15:1–7.

Widiastuty, W. 2006. Teknik spektroskopi inframerah transformasi fourier untuk penentuan profil kadar xantorizol dan aktivitas antioksidan temulawak. *Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB*. 1(1):1–44.

Yang, J., Z. Liu, B. Liu, dan Q. Zhu. 2012. Determination of *coptis chinensis* ' quality by ft-nir spectroscopy. *Health*. 4(4):196–202.

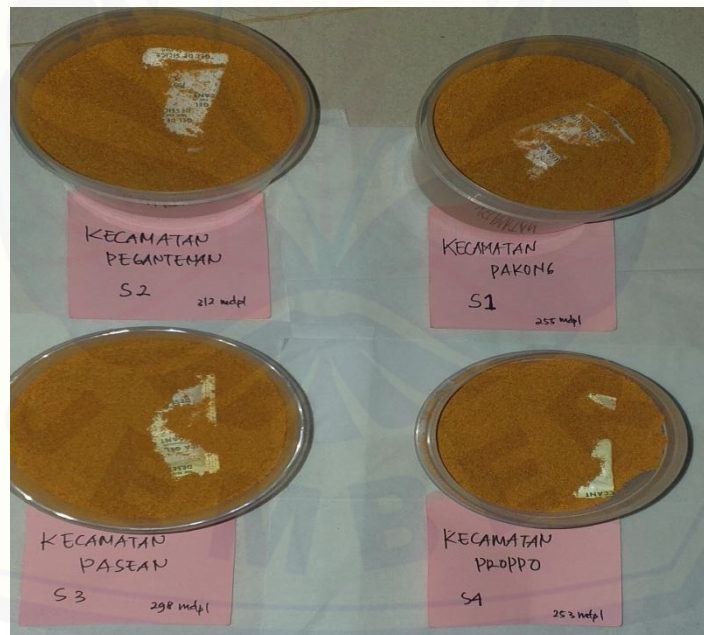
LAMPIRAN

Lampiran A. Sampel yang Digunakan

A.1 Sampel Training Set



Dataran Tinggi (Bondowoso)



Dataran Sedang (Pamekasan)



Dataran Rendah (Pamekasan)

A.2 Sampel Test Set



A.3 Sampel Nyata



Lampiran B. Identitas Sampel**B.1 Sampel Training Set**

Kabupaten	Kecamatan	Kode	Ketinggian	Keterangan
Kabupaten Bondowoso	Kecamatan Pakem	T1	907 mdpl	Dataran Tinggi
	Kecamatan Sempol	T2	918 mdpl	
	Kecamatan Grujugan	T3	1674 mdpl	
	Kecamatan Curahdami	T4	1325 mdpl	
Kabupaten Pamekasan	Kecamatan Pakong	S1	255 mdpl	Dataran Sedang
	Kecamatan Pegantenan	S2	312 mdpl	
	Kecamatan Pasean	S3	298 mdpl	
	Kecamatan Proppo	S4	253 mdpl	
Kabupaten Pamekasan	Kecamatan Galis	R1	6 mdpl	Dataran Rendah
	Kecamatan Pademawu	R2	57 mdpl	
	Kecamatan Tlanakan	R3	51 mdpl	
	Kecamatan Pamekasan	R4	52 mdpl	

B.2 Sampel Test Set

Kabupaten Bondowoso	Kecamatan Ijen	T5	1850 mdpl	Dataran Tinggi
Kabupaten Pamekasan	Kecamatan Batumarmar	S5	254 mdpl	Dataran sedang
Kabupaten Pamekasan	Kecamatan Laragan	R5	87 mdpl	Dataran Rendah

B.3 Sampel Nyata

Kode Sampel	Merk (Produk)
SN1	DESAKU
SN2	BUBUK KUNYIT
SN3	SEKUMI

Lampiran C. Kadar Kelembaban Sampel**C.1 Sampel *Training Set***

Kode Sampel	Massa Serbuk (g)	Suhu (°C)	Kadar Air (%)			Rata-rata	SD	RSD (%)
			Rep.1	Rep.2	Rep.3			
T1	5,01	105	7,20	7,10	7,00	7,10	0,100	1,41
T2	5,00	105	7,15	7,13	7,12	7,13	0,021	0,21
T3	5,01	105	7,10	7,12	7,14	7,12	0,022	0,28
T4	5,00	105	7,18	7,17	7,20	7,18	0,015	0,22
S1	5,01	105	7,15	7,13	7,16	7,15	0,022	0,31
S2	5,00	105	7,15	7,14	7,15	7,15	0,005	0,07
S3	5,01	105	7,20	7,21	7,22	7,21	0,006	0,09
S4	5,02	105	7,22	7,21	7,21	7,21	0,006	0,09
R1	5,05	105	6,74	6,75	6,71	6,73	0,021	0,31
R2	5,00	105	7,13	7,15	7,16	7,15	0,022	0,31
R3	5,01	105	6,91	6,92	6,93	6,91	0,006	0,08
R4	5,02	105	7,23	7,21	7,22	7,22	0,006	0,09

C.2 Sampel Test Set

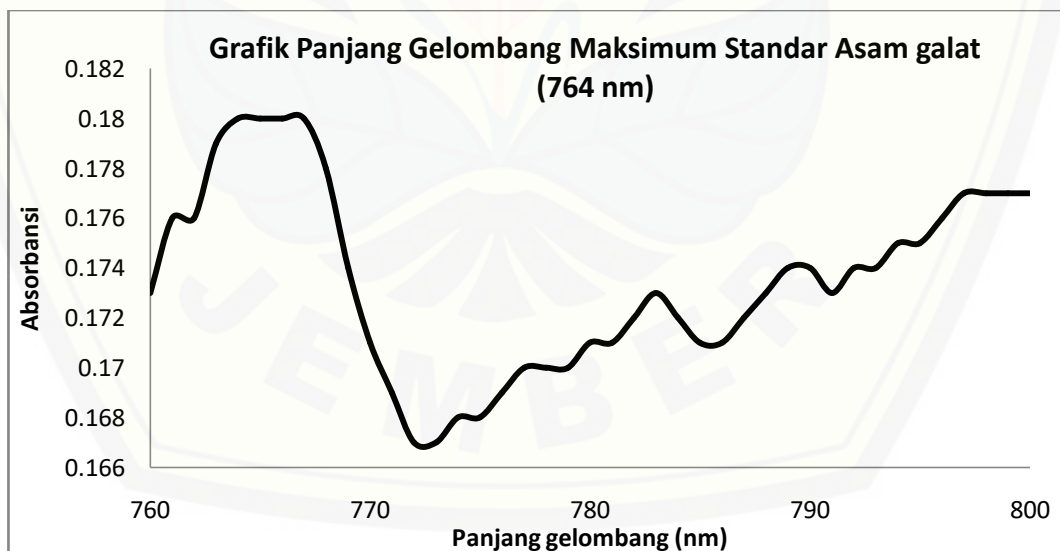
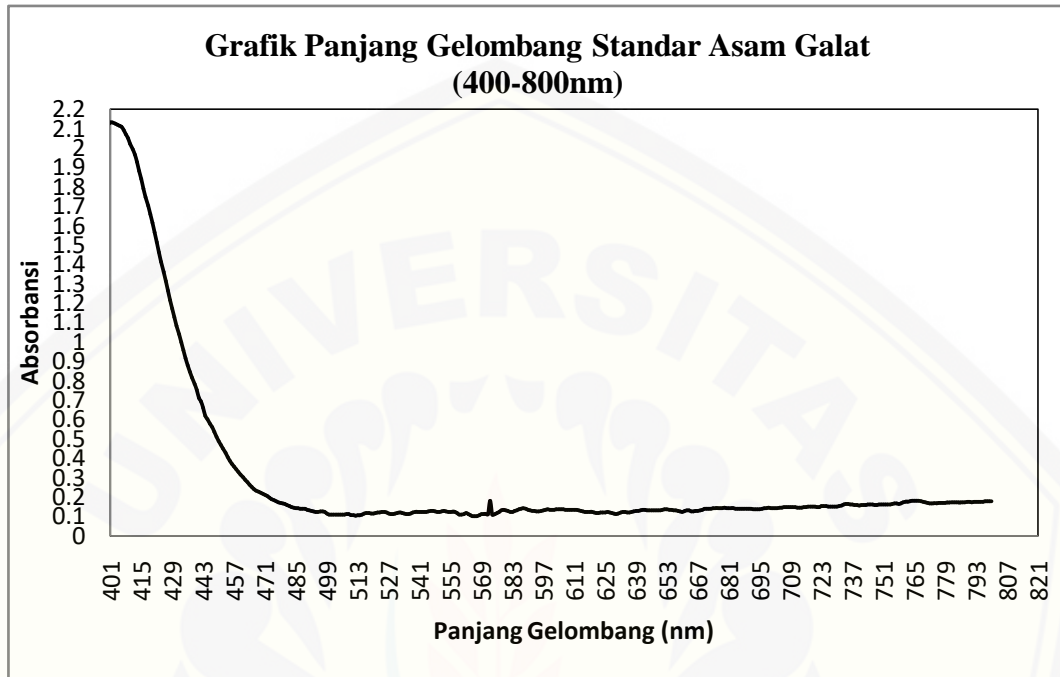
Kode Sampel	Massa Serbuk (g)	Suhu (°C)	Kadar Air (%)			Rata-rata	SD	RSD (%)
			Rep.1	Rep.2	Rep.3			
T5	5,01	105	7,15	7,16	7,15	7,15	0,022	0,31
S5	5,00	105	7,51	7,50	7,50	7,50	0,006	0,09
R5	5,03	105	6,75	6,75	6,73	6,75	0,012	0,17

C.3 Sampel Nyata

Kode Sampel	Massa Serbuk (g)	Suhu (°C)	Kadar Air (%)			Rata-rata	SD	RSD (%)
			Rep.1	Rep.2	Rep.3			
SN1	5,05	105	7,21	7,20	7,21	7,21	0,005	0,08
SN2	5,02	105	7,50	7,51	7,52	7,51	0,006	0,09
SN3	5,00	105	7,15	7,15	7,16	7,15	0,022	0,31

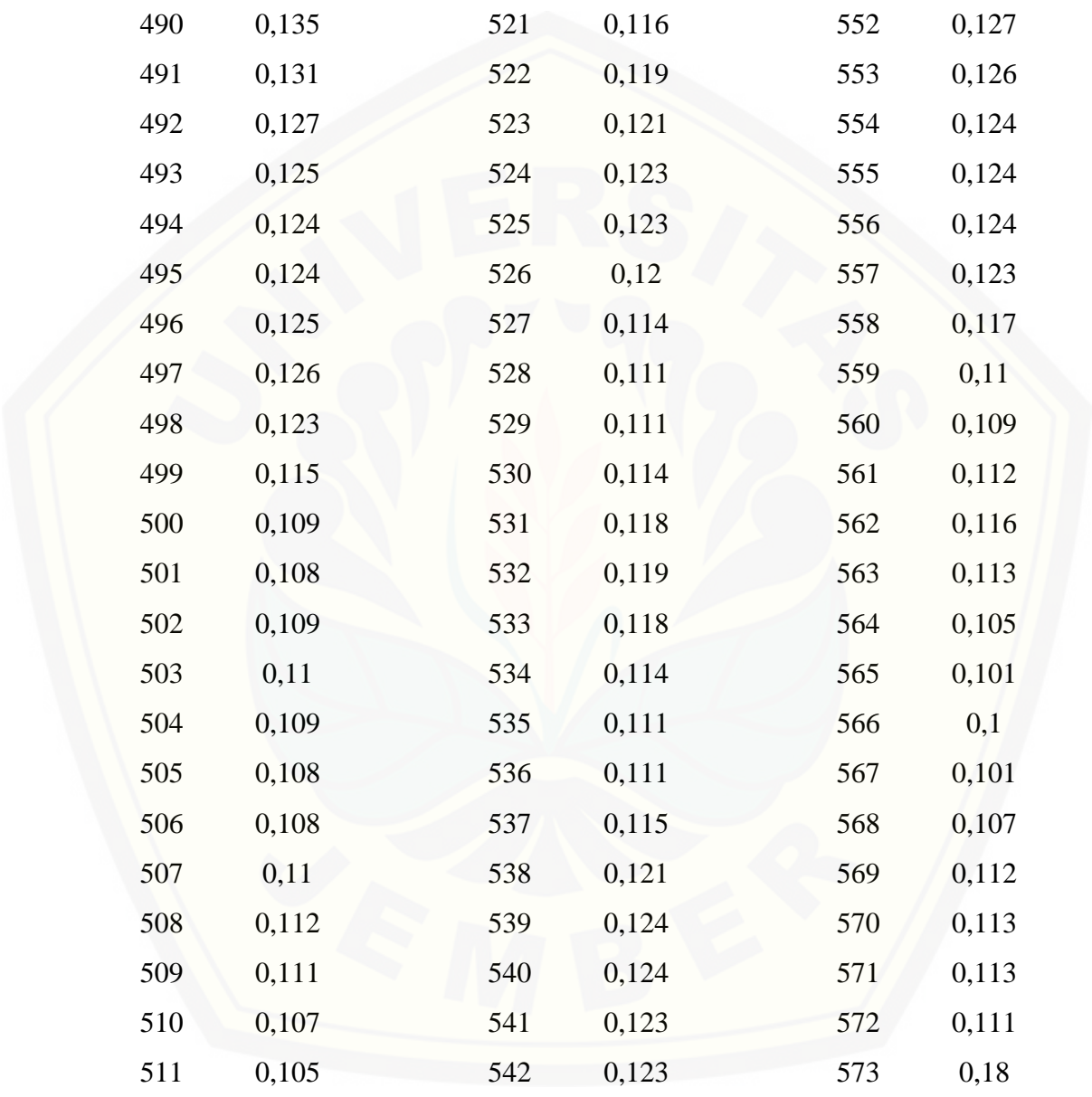
Lampiran D. Penetapan Panjang Gelombang Maksimum

D.1 Grafik Panjang Gelombang dan Absorbansi Standar

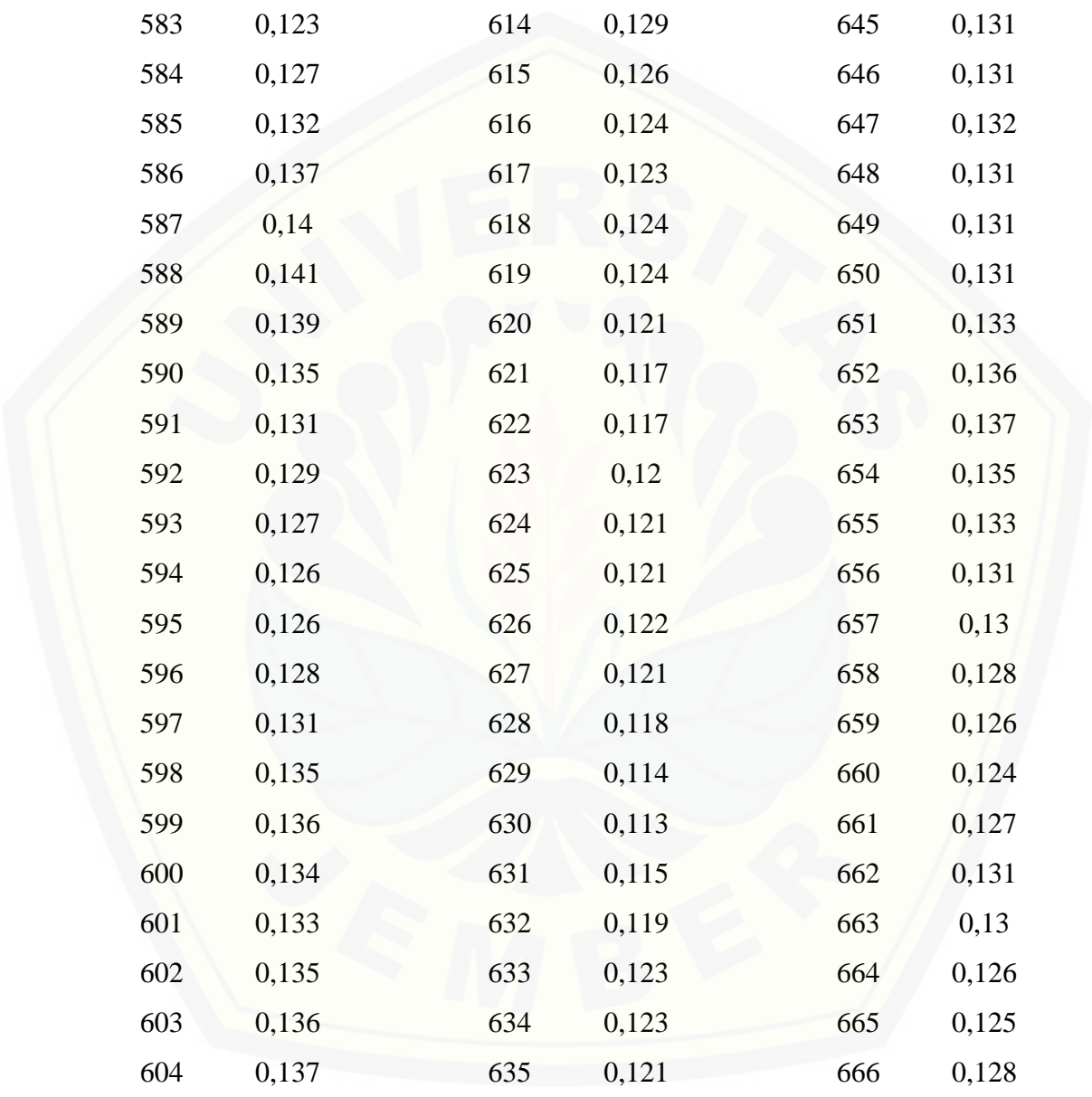


D.2 Data Panjang Gelombang dan Absorbansi Standar

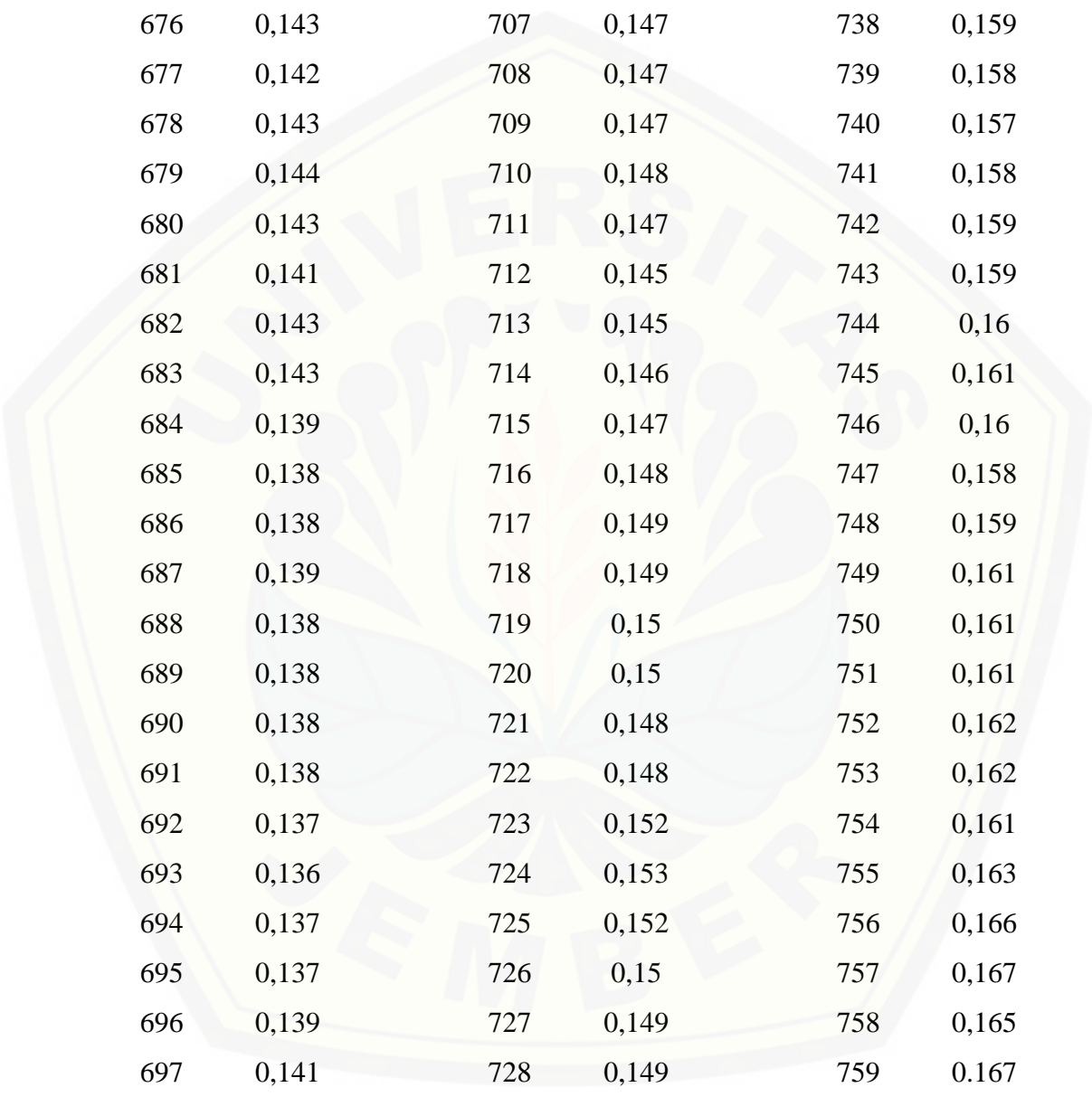
λ	Abs				
		428	1,215	457	0,357
400	2,119	429	1,17	458	0,342
401	2,131	430	1,127	459	0,328
402	2,131	431	1,082	460	0,314
403	2,125	432	1,039	461	0,301
404	2,119	433	0,997	462	0,288
405	2,114	434	0,956	463	0,276
406	2,108	435	0,916	464	0,264
407	2,092	436	0,879	465	0,252
408	2,071	437	0,846	466	0,242
409	2,051	438	0,816	467	0,234
410	2,022	439	0,784	468	0,228
411	1,995	440	0,752	469	0,223
412	1,967	441	0,711	470	0,217
413	1,928	442	0,692	471	0,211
414	1,88	443	0,66	472	0,204
415	1,839	444	0,619	473	0,196
416	1,791	445	0,601	474	0,189
417	1,745	446	0,576	475	0,182
418	1,703	447	0,559	476	0,177
419	1,658	448	0,536	477	0,172
420	1,615	449	0,512	478	0,169
421	1,565	450	0,489	479	0,168
422	1,514	451	0,469	480	0,165
423	1,462	452	0,449	481	0,159
424	1,413	453	0,428	482	0,152
425	1,362	454	0,406	483	0,148
426	1,313	455	0,387	484	0,145
427	1,264	456	0,371	485	0,142



486	0,141	517	0,116	548	0,126
487	0,14	518	0,116	549	0,123
488	0,14	519	0,115	550	0,122
489	0,139	520	0,115	551	0,125
490	0,135	521	0,116	552	0,127
491	0,131	522	0,119	553	0,126
492	0,127	523	0,121	554	0,124
493	0,125	524	0,123	555	0,124
494	0,124	525	0,123	556	0,124
495	0,124	526	0,12	557	0,123
496	0,125	527	0,114	558	0,117
497	0,126	528	0,111	559	0,11
498	0,123	529	0,111	560	0,109
499	0,115	530	0,114	561	0,112
500	0,109	531	0,118	562	0,116
501	0,108	532	0,119	563	0,113
502	0,109	533	0,118	564	0,105
503	0,11	534	0,114	565	0,101
504	0,109	535	0,111	566	0,1
505	0,108	536	0,111	567	0,101
506	0,108	537	0,115	568	0,107
507	0,11	538	0,121	569	0,112
508	0,112	539	0,124	570	0,113
509	0,111	540	0,124	571	0,113
510	0,107	541	0,123	572	0,111
511	0,105	542	0,123	573	0,18
512	0,104	543	0,123	574	0,108
513	0,105	544	0,123	575	0,111
514	0,105	545	0,125	576	0,117
515	0,109	546	0,128	577	0,124
516	0,114	547	0,128	578	0,131



579	0,133	610	0,133	641	0,131
580	0,132	611	0,133	642	0,133
581	0,129	612	0,133	643	0,134
582	0,124	613	0,131	644	0,132
583	0,123	614	0,129	645	0,131
584	0,127	615	0,126	646	0,131
585	0,132	616	0,124	647	0,132
586	0,137	617	0,123	648	0,131
587	0,14	618	0,124	649	0,131
588	0,141	619	0,124	650	0,131
589	0,139	620	0,121	651	0,133
590	0,135	621	0,117	652	0,136
591	0,131	622	0,117	653	0,137
592	0,129	623	0,12	654	0,135
593	0,127	624	0,121	655	0,133
594	0,126	625	0,121	656	0,131
595	0,126	626	0,122	657	0,13
596	0,128	627	0,121	658	0,128
597	0,131	628	0,118	659	0,126
598	0,135	629	0,114	660	0,124
599	0,136	630	0,113	661	0,127
600	0,134	631	0,115	662	0,131
601	0,133	632	0,119	663	0,13
602	0,135	633	0,123	664	0,126
603	0,136	634	0,123	665	0,125
604	0,137	635	0,121	666	0,128
605	0,137	636	0,12	667	0,129
606	0,137	637	0,122	668	0,13
607	0,135	638	0,125	669	0,133
608	0,133	639	0,127	670	0,138
609	0,133	640	0,129	671	0,14



672	0,139	703	0,142	734	0,163
673	0,139	704	0,144	735	0,163
674	0,141	705	0,146	736	0,161
675	0,143	706	0,147	737	0,16
676	0,143	707	0,147	738	0,159
677	0,142	708	0,147	739	0,158
678	0,143	709	0,147	740	0,157
679	0,144	710	0,148	741	0,158
680	0,143	711	0,147	742	0,159
681	0,141	712	0,145	743	0,159
682	0,143	713	0,145	744	0,16
683	0,143	714	0,146	745	0,161
684	0,139	715	0,147	746	0,16
685	0,138	716	0,148	747	0,158
686	0,138	717	0,149	748	0,159
687	0,139	718	0,149	749	0,161
688	0,138	719	0,15	750	0,161
689	0,138	720	0,15	751	0,161
690	0,138	721	0,148	752	0,162
691	0,138	722	0,148	753	0,162
692	0,137	723	0,152	754	0,161
693	0,136	724	0,153	755	0,163
694	0,137	725	0,152	756	0,166
695	0,137	726	0,15	757	0,167
696	0,139	727	0,149	758	0,165
697	0,141	728	0,149	759	0,167
698	0,143	729	0,149	760	0,173
699	0,144	730	0,15	761	0,176
700	0,143	731	0,152	762	0,176
701	0,141	732	0,157	763	0,179
702	0,141	733	0,161	764	0,18

765	0,18	778	0,17	791	0,173
766	0,18	779	0,17	792	0,174
767	0,18	780	0,171	793	0,174
768	0,178	781	0,171	794	0,175
769	0,174	782	0,172	795	0,175
770	0,171	783	0,173	796	0,176
771	0,169	784	0,172	797	0,177
772	0,167	785	0,171	798	0,177
773	0,167	786	0,171	799	0,177
774	0,168	787	0,172	800	0,177
775	0,168	788	0,173		
776	0,169	789	0,174		
777	0,17	790	0,174		

Lampiran E. Penetapan Waktu Operasional

E.1 Waktu Operasional Standar Asam Galat

Waktu Operasional Standar Asam Galat	
Absorbansi	Waktu
0,200	0
0,208	5
0,214	10
0,217	15
0,220	20
0,227	25
0,237	30
0,242	35
0,250	40
0,255	45
0,262	50
0,268	55
0,275	60
0,278	65
0,284	70

0,286	75
0,293	80
0,297	85
0,302	90
0,305	95
0,308	100

E.2 Waktu Operasional Sampel dari Dataran Tinggi (Bondowoso)

Waktu Operasional Sampel dari Dataran Tinggi

Absorbansi	Waktu
0,264	0
0,278	5
0,287	10
0,295	15
0,308	20
0,317	25
0,319	30
0,324	35
0,329	40
0,332	45
0,337	50
0,341	55
0,345	60
0,348	65
0,350	70
0,353	75
0,357	80
0,359	85
0,364	90
0,365	95
0,367	100

E.3 Waktu Operasional Sampel dari Dataran Sedang (Pamekasan)

Waktu Operasional Sampel dari Dataran Sedang

Absorbansi	Waktu
0,195	0
0,202	5
0,208	10
0,213	15

0,217	20
0,220	25
0,224	30
0,227	35
0,230	40
0,233	45
0,237	50
0,240	55
0,244	60
0,248	65
0,251	70
0,254	75
0,258	80
0,260	85
0,262	90
0,262	95
0,262	100

E.4 Waktu Operasional Sampel dari Dataran Rendah (Pamekasan)

Waktu Operasional Sampel dari Dataran Rendah

Absorbansi	Waktu
0,245	0
0,259	5
0,268	10
0,276	15
0,283	20
0,290	25
0,297	30
0,302	35
0,309	40
0,312	45
0,318	50
0,322	55
0,325	60

0,330	65
0,333	70
0,337	75
0,340	80
0,342	85
0,348	90
0,349	95
0,350	100

Lampiran F. Kurva Baku Asam Galat

F.1 Pembuatan Larutan Induk

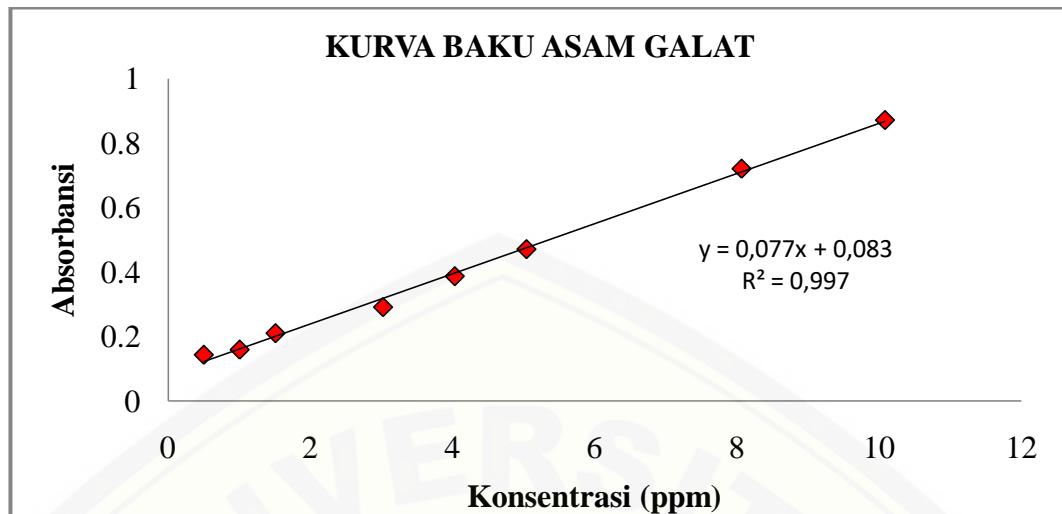
$$12,6 \text{ mg}/25 \text{ ml} \times 1000 = 504 \text{ ppm}$$

F.2 Pengenceran Larutan Induk

- | | |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| a. $0,1 \text{ ml}/10 \text{ ml} \times 504 = 5,04 \text{ ppm}$ | e. $0,8 \text{ ml}/10 \text{ ml} \times 504 = 40,32 \text{ ppm}$ |
| b. $0,2 \text{ ml}/10 \text{ ml} \times 504 = 10,08 \text{ ppm}$ | f. $1 \text{ ml}/10 \text{ ml} \times 504 = 50,4 \text{ ppm}$ |
| c. $0,3 \text{ ml}/10 \text{ ml} \times 504 = 15,12 \text{ ppm}$ | g. $1,6 \text{ ml}/10 \text{ ml} \times 504 = 80,64 \text{ ppm}$ |
| d. $0,6 \text{ ml}/10 \text{ ml} \times 504 = 30,24 \text{ ppm}$ | h. $2 \text{ ml}/10 \text{ ml} \times 504 = 100,8 \text{ ppm}$ |

F.3 Kurva Baku Asam Galat dan Persamaan Regresi

Konsentrasi	Faktor Pengenceran	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
5.04 ppm	10	0.504	0.143
10.08 ppm	10	1.008	0.159
15.12 ppm	10	1.512	0.21
30.24 ppm	10	3.024	0.291
40.32 ppm	10	4.032	0.387
50.4 ppm	10	5.04	0.471
80.64 ppm	10	8.064	0.721
100.8 ppm	10	10.08	0.872



Lampiran G. Perhitungan Penentuan Kandungan Fenolik Total Sampel Serbuk Rimpang Kunyit Menggunakan Metode Kolorimetri Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

G.1 Contoh Perhitungan

Persamaan Regresi : $y = 0,077x + 0,083$

Sampel T1 Replikasi 1 :

Penimbangan 25,2 mg

$$0,377 = 0,077x + 0,083$$

$$x = 3,818181 \text{ ppm}$$

$$x = 3,818181 \text{ } \mu\text{g/ml}$$

Dalam 1 ml : $1 \text{ ml} \times 3,818181 \text{ } \mu\text{g/ml} = 3,818181 \text{ } \mu\text{g}$

Dalam 2 ml : $2 \text{ ml}/0,1 \text{ ml} \times 3,818181 \text{ } \mu\text{g} = 78,636363 \text{ } \mu\text{g}$

Dalam 10 ml : $10 \text{ ml}/1 \text{ ml} \times 78,636363 \text{ } \mu\text{g} = 786,36363 \text{ } \mu\text{g} = 0,76363636 \text{ mg}$

Kandungan fenolik total = $0,763 \text{ mg}/25,2 \text{ mg} \times 100\%$

$$= 3,03 \text{ \%b/b GAE}$$

G.2 Hasil Penentuan Kandungan Fenolik Total Sampel *Training Set*

Kode Sampel	Massa Serbuk (mg)	Abs	% b/b GAE	Rata-rata	SD	RSD (%)
				% b/b GAE		
T1	25,2	0,377	3,03	3,01	0,0173	0,575
	25,1	0,373	3,00			
	25,0	0,373	3,00			
T2	25,1	0,365	2,92	2,95	0,0290	0,978
	25,3	0,372	2,97			
	25,4	0,372	2,97			
T3	25,1	0,388	3,12	3,16	0,0321	1,02
	25,4	0,394	3,18			
	25,2	0,389	3,17			
T4	25,0	0,316	2,42	2,43	0,0173	0,712
	25,4	0,320	2,42			
	25,3	0,322	2,45			
S1	25,3	0,242	1,61	1,63	0,0230	1,411
	25,5	0,245	1,65			
	25,2	0,242	1,63			
S2	25,4	0,291	2,13	2,15	0,0200	0,930
	25,3	0,299	2,17			
	25,3	0,292	2,15			
S3	25,4	0,299	2,21	2,21	0,0211	0,951
	25,3	0,300	2,23			
	25,3	0,296	2,19			
S4	25,5	0,246	1,66	1,69	0,0150	1,124
	25,5	0,248	1,68			
	25,4	0,249	1,70			
R1	25,1	0,657	5,94	5,93	0,0173	0,292
	25,3	0,659	5,91			
	25,1	0,657	5,94			
R2	25,2	0,630	5,64	5,66	0,0321	0,567
	25,2	0,631	5,65			
	25,0	0,632	5,70			
R3	25,1	0,681	6,19	6,19	0,0058	0,093
	25,1	0,683	6,20			
	25,2	0,684	6,19			
R4	25,2	0,599	5,32	5,31	0,0115	0,216
	25,2	0,597	5,30			
	25,1	0,597	5,32			

G.3 Hasil Penentuan Kandungan Fenolik Total Sampel *Test Set*

Kode Sampel	Massa Serbuk (mg)	Abs	% b/b GAE	Rata-rata % b/b GAE	SD	RSD (%)
T5	25,1	0,388	3,15	3,14	0,0264	0,828
	25,3	0,391	3,16			
	25,4	0,387	3,11			
	25,5	0,266	1,86			
S5	25,5	0,264	1,84	1,84	0,0220	1,196
	25,5	0,262	1,82			
	25,1	0,571	5,05			
R5	25,0	0,572	5,08	5,06	0,0513	0,302
	25,2	0,570	5,06			

G.4 Rata-Rata Kandungan Fenolik Total Sampel Serbuk Rimpang Kunyit

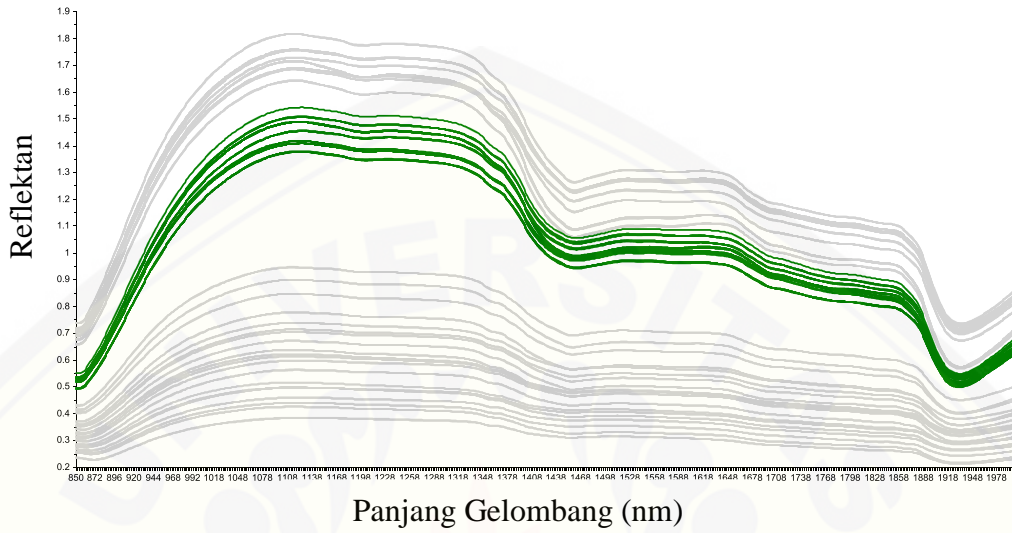
- a. Rata-rata kandungan fenolik total serbuk rimpang kunyit Bondowoso (Dataran Tinggi)
- $$= \text{Jumlah kandungan fenolik total} / \text{jumlah sampel}$$
- $$= 3,01 + 2,95 + 3,16 + 2,43 + 3,14 / 5$$
- $$= 2,94 \% \text{ b/b GAE}$$
- b. Rata-rata kandungan fenolik total serbuk rimpang kunyit Pamekasan (Dataran Sedang)
- $$= \text{Jumlah kandungan fenolik total} / \text{jumlah sampel}$$
- $$= 1,63 + 2,15 + 2,21 + 1,69 + 1,84 / 5$$
- $$= 1,90 \% \text{ b/b GAE}$$
- c. Rata-rata kandungan fenolik total serbuk rimpang kunyit Pamekasan (Dataran Rendah)
- $$= \text{Jumlah kandungan fenolik total} / \text{jumlah sampel}$$
- $$= 5,93 + 5,66 + 6,19 + 5,31 + 5,06 / 5$$
- $$= 5,63 \% \text{ b/b GAE}$$

G.5 Hasil Penentuan Kandungan Fenolik Total Sampel Nyata

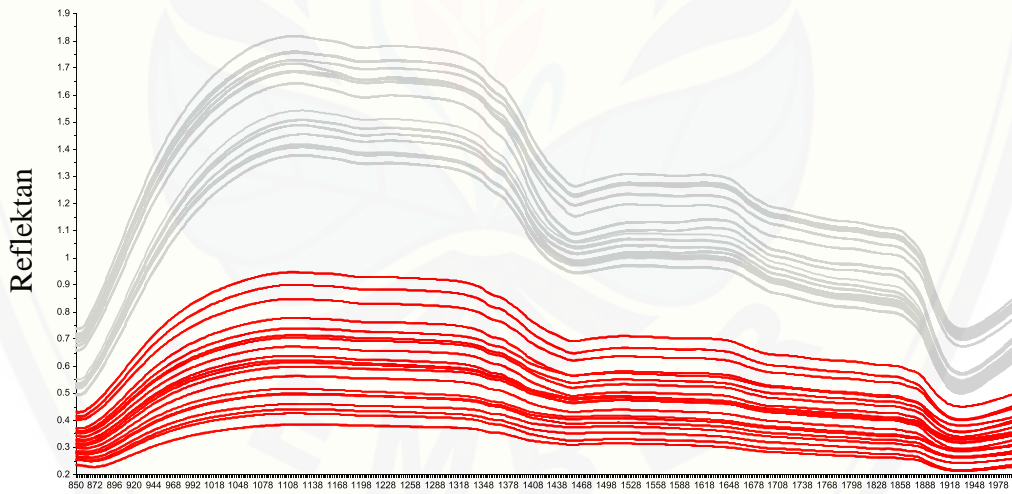
Kode Sampel	Massa Serbuk (mg)	Abs	% b/b GAE	Rata-rata % b/b GAE	SD	RSD (%)
SN1	25,1	0,498	4,29	4,27	0,0346	0,810
	25,1	0,498	4,29			
	25,2	0,494	4,23			
SN2	25,0	0,252	1,76	1,75	0,0153	0,876
	25,0	0,251	1,75			
	25,1	0,250	1,73			
SN3	25,1	0,433	3,62	3,61	0,0152	0,423
	25,1	0,432	3,61			
	25,1	0,430	3,59			

Lampiran H. Spektra Sampel Hasil Pengukuran NIR

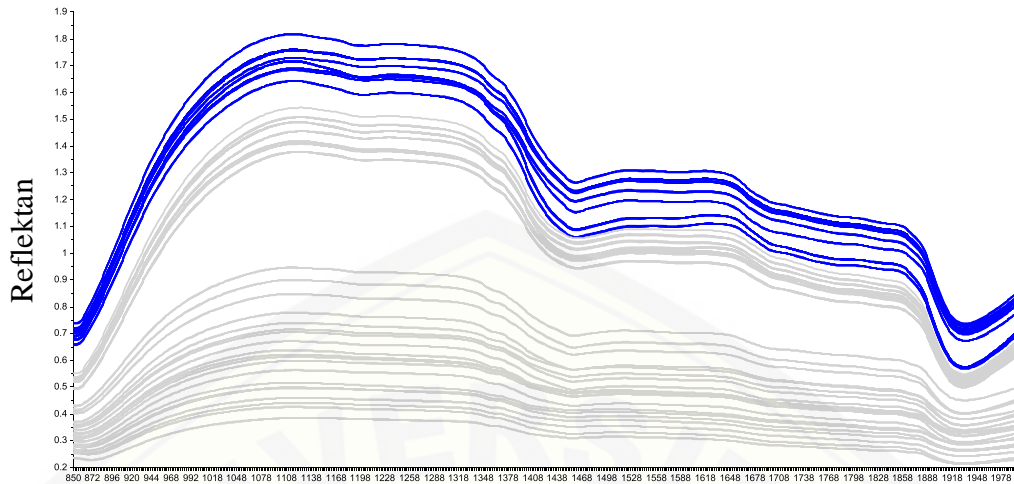
H.1 Spektra *Training Set*



Dataran Tinggi

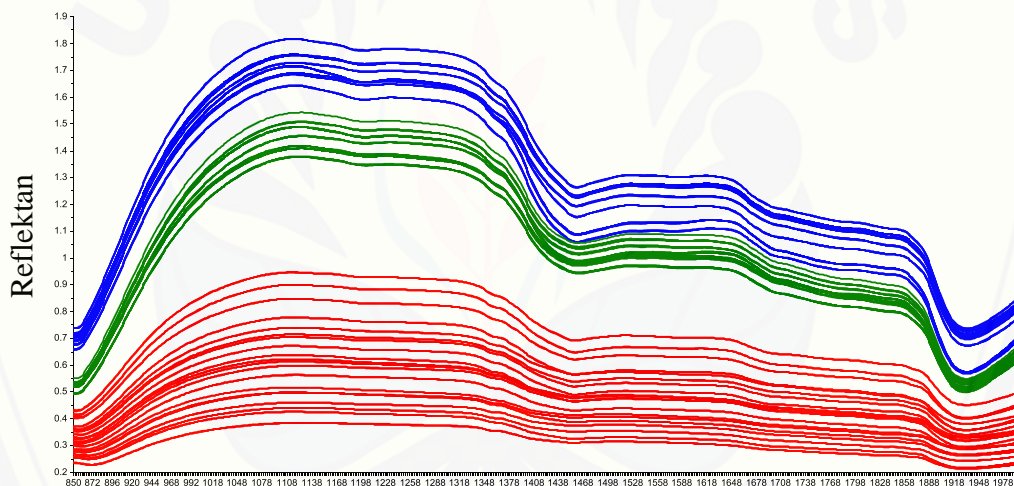


Dataran Sedang



Panjang Gelombang (nm)

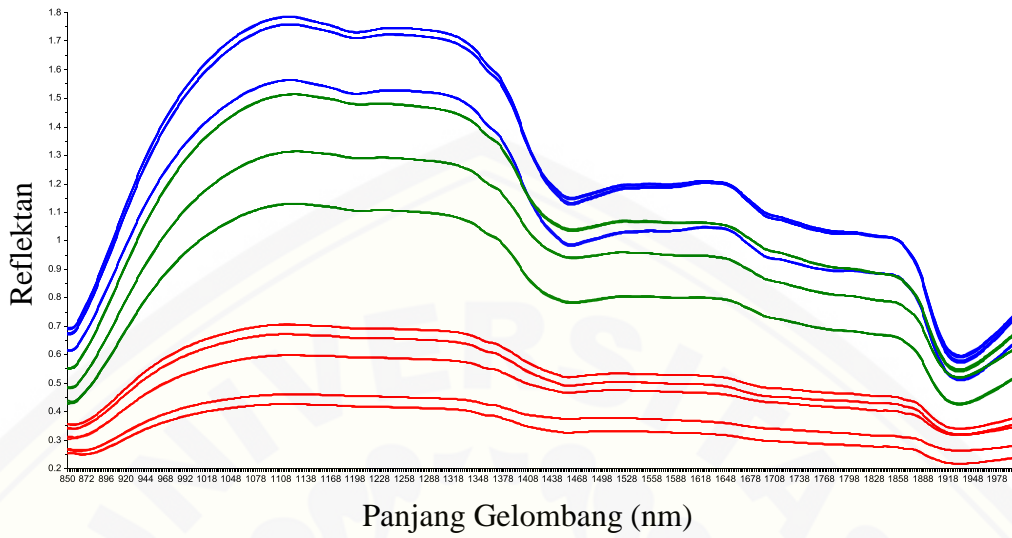
Dataran Rendah



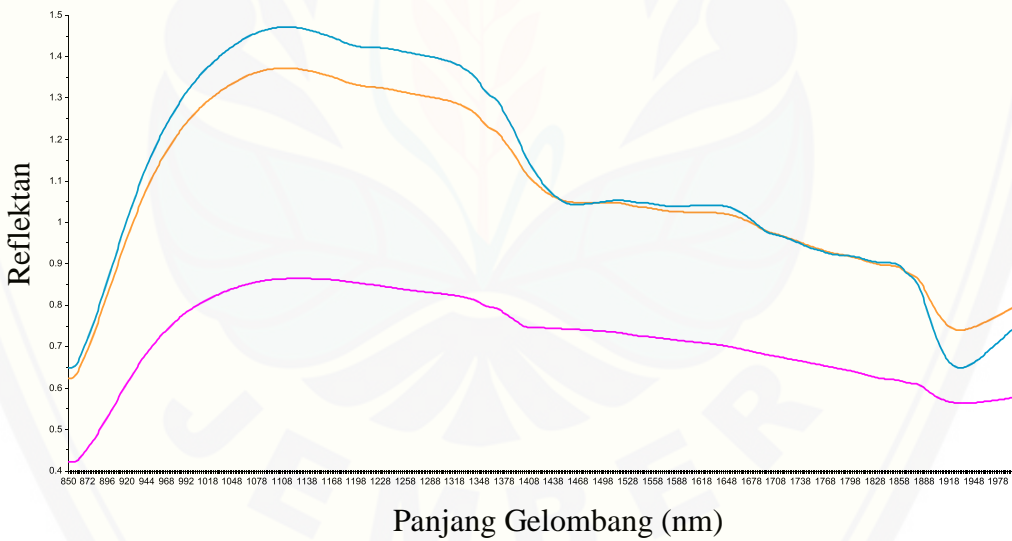
Panjang Gelombang (nm)

Keseluruhan Training Set

H.2 Spektra Test Set



H.3 Spektra Sampel Nyata

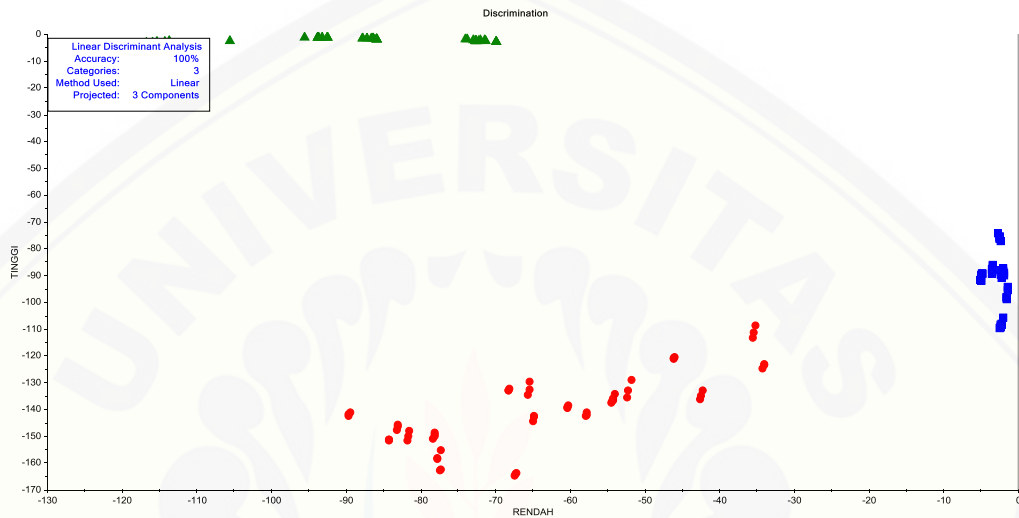


Lampiran I. Hasil Penentuan Klasifikasi dan Validasinya dengan Kemometrik dan Perhitungan Kemampuan Pengenalan

$$= \frac{\sum \text{sampel yang diprediksi benar}}{\sum \text{total sampel yang digunakan}} \times 100 \%$$

Kemampuan Pengenalan = % Pengenalan

I.1 Model LDA



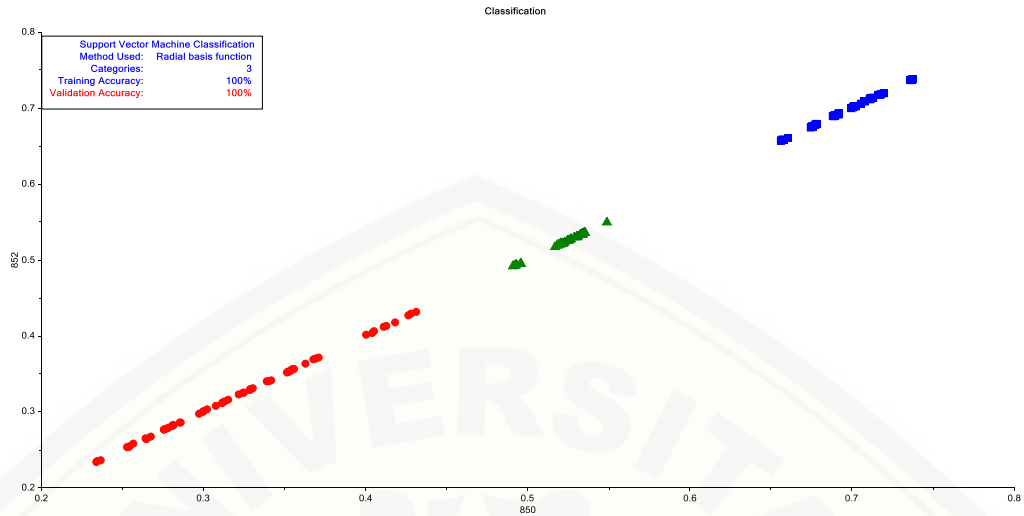
Prediction		REDAH	TINGGI	SEDANG	Predicted
R1 (1.1)	1	-2.2494	-108.1487	-55.9962	REDAH
R1 (1.2)	2	-2.3854	-109.4895	-56.0162	REDAH
R1 (1.3)	3	-2.2874	-108.5466	-56.0237	REDAH
R1 (1.4)	4	-2.3590	-109.2435	-56.0246	REDAH
R1 (1.5)	5	-2.0379	-105.8926	-55.9859	REDAH
R1 (2.1)	6	-2.2954	-77.2541	-66.2467	REDAH
R1 (2.2)	7	-4.8278	-89.2985	-69.2513	REDAH
R1 (2.3)	8	-2.5021	-75.6134	-66.5580	REDAH
R1 (2.4)	9	-2.4266	-76.4678	-66.3274	REDAH
R1 (2.5)	10	-2.6702	-74.4028	-66.7405	REDAH
R1 (3.1)	11	-1.8829	-89.0129	-56.5971	REDAH
R1 (3.2)	12	-1.9249	-90.0880	-56.4570	REDAH
R1 (3.3)	13	-1.9553	-88.9725	-56.5572	REDAH
R1 (3.4)	14	-1.9974	-87.3883	-56.7290	REDAH
R1 (3.5)	15	-2.0123	-88.4574	-56.6020	REDAH
R2 (1.1)	16	-2.3361	-108.9065	-69.9774	REDAH
R2 (1.2)	17	-2.3990	-109.4686	-69.9040	REDAH
R2 (1.3)	18	-2.4263	-109.6403	-69.8856	REDAH
R2 (1.4)	19	-2.3403	-108.4979	-69.9129	REDAH
R2 (1.5)	20	-2.4631	-109.8873	-69.8316	REDAH
R2 (2.1)	21	-2.2254	-91.0853	-60.6210	REDAH
R2 (2.2)	22	-2.3182	-89.6345	-60.7151	REDAH
R2 (2.3)	23	-2.3499	-88.8939	-60.8333	REDAH
R2 (2.4)	24	-2.3830	-88.1684	-60.9059	REDAH
R2 (2.5)	25	-2.4167	-87.9713	-60.9135	REDAH
R2 (3.1)	26	-1.4992	-98.8543	-64.1229	REDAH
R2 (3.2)	27	-1.5212	-99.0542	-64.0921	REDAH
R2 (3.3)	28	-1.4154	-95.8019	-64.3009	REDAH
R2 (3.4)	29	-1.3883	-94.2643	-64.4240	REDAH
R2 (3.5)	30	-1.5263	-98.1825	-64.0907	REDAH
R3 (1.1)	31	-5.0716	-91.6589	-69.5212	REDAH
R3 (1.2)	32	-4.9972	-91.9556	-69.3416	REDAH
R3 (1.3)	33	-4.9184	-91.9354	-69.1705	REDAH
R3 (1.4)	34	-4.8833	-89.7801	-69.3275	REDAH
R3 (1.5)	35	-4.8278	-89.2985	-69.2513	REDAH
R3 (2.1)	36	-3.5727	-87.6219	-59.1298	REDAH
R3 (2.2)	37	-3.4843	-89.5039	-58.6730	REDAH
R3 (2.3)	38	-3.4457	-87.5686	-58.8051	REDAH
R3 (2.4)	39	-3.4070	-86.5507	-58.8064	REDAH
R3 (2.5)	40	-3.3783	-85.9873	-58.7657	REDAH
R3 (3.1)	41	-1.5263	-98.1825	-64.0907	REDAH
R3 (3.2)	42	-1.5263	-98.1825	-64.0907	REDAH
R3 (3.3)	43	-1.5263	-98.1825	-64.0907	REDAH
R3 (3.4)	44	-1.5263	-98.1825	-64.0907	REDAH
R4 (1.1)	45	-1.5263	-98.1825	-64.0907	REDAH
R4 (1.2)	46	-4.8278	-89.2985	-69.2513	REDAH
R4 (1.3)	47	-4.8278	-89.2985	-69.2513	REDAH
R4 (1.4)	48	-4.8278	-89.2985	-69.2513	REDAH
R4 (1.5)	49	-4.8278	-89.2985	-69.2513	REDAH
R4 (2.1)	50	-2.4266	-76.4678	-66.3274	REDAH
R4 (2.2)	51	-2.4266	-76.4678	-66.3274	REDAH
R4 (2.3)	52	-2.4266	-76.4678	-66.3274	REDAH
R4 (2.4)	53	-2.4266	-76.4678	-66.3274	REDAH
R4 (2.5)	54	-2.5021	-75.6134	-66.5580	REDAH
R4 (3.1)	55	-2.5021	-75.6134	-66.5580	REDAH
R4 (3.2)	56	-2.5021	-75.6134	-66.5580	REDAH
R4 (3.3)	57	-2.5021	-75.6134	-66.5580	REDAH
T1 (1.1)	58	-93.1739	-1.3255	-135.1348	TINGGI
T1 (1.2)	59	-95.5067	-1.3587	-137.7464	TINGGI
T1 (1.3)	60	-93.6235	-1.3297	-135.6353	TINGGI
T1 (1.4)	61	-93.7615	-1.3319	-135.7818	TINGGI
T1 (1.5)	62	-92.4130	-1.3225	-134.2781	TINGGI
T1 (2.1)	63	-69.8287	-2.8002	-111.9268	TINGGI
T1 (2.2)	64	-72.2659	-2.4799	-114.5978	TINGGI
T1 (2.3)	65	-71.3067	-2.6356	-113.4397	TINGGI
T1 (2.4)	66	-72.5997	-2.4927	-114.7776	TINGGI
T1 (2.5)	67	-72.6788	-2.5140	-114.7548	TINGGI

Prediction		RENDAH	TINGGI	SEDANG	Predicted	Prediction		RENDAH	TINGGI	SEDANG	Predicted
	🔒	1	2	3	4		🔒	1	2	3	4
T1 (2.5)	67	-72.6788	-2.5140	-114.7548	TINGGI	T4 (1.5)	100	-115.8297	-3.1235	-167.8929	TINGGI
T1 (3.1)	68	-92.4130	-1.3225	-134.2781	TINGGI	T4 (2.1)	101	-87.7489	-1.6533	-143.3866	TINGGI
T1 (3.2)	69	-92.4130	-1.3225	-134.2781	TINGGI	T4 (2.2)	102	-115.8297	-3.1235	-167.8929	TINGGI
T1 (3.3)	70	-72.5997	-2.4927	-114.7776	TINGGI	T4 (2.3)	103	-86.3693	-1.7373	-142.0032	TINGGI
T1 (3.4)	71	-72.5997	-2.4927	-114.7776	TINGGI	T4 (2.4)	104	-86.3693	-1.7373	-142.0032	TINGGI
T1 (3.5)	72	-72.5997	-2.4927	-114.7776	TINGGI	T4 (2.5)	105	-85.8328	-1.8654	-141.6657	TINGGI
T2 (1.1)	73	-69.8287	-2.8002	-111.9268	TINGGI	T4 (3.4)	106	-105.5269	-2.4838	-167.4631	TINGGI
T2 (1.2)	74	-69.8287	-2.8002	-111.9268	TINGGI	S1 (1.1)	107	-34.0084	-123.1731	-5.9430	SEDANG
T2 (1.3)	75	-69.8287	-2.8002	-111.9268	TINGGI	S1 (1.2)	108	-34.0543	-123.4910	-5.9482	SEDANG
T2 (1.4)	76	-93.7615	-1.3319	-135.7818	TINGGI	S1 (1.3)	109	-34.2050	-124.9037	-5.9900	SEDANG
T2 (1.5)	77	-93.7615	-1.3319	-135.7818	TINGGI	S1 (1.4)	110	-35.2158	-108.7843	-5.1611	SEDANG
T2 (2.1)	78	-72.0515	-2.2519	-116.4764	TINGGI	S1 (1.5)	111	-35.3873	-111.5185	-5.0098	SEDANG
T2 (2.2)	79	-71.3642	-2.3401	-115.6075	TINGGI	S1 (2.1)	112	-35.5113	-113.3796	-4.9339	SEDANG
T2 (2.3)	80	-72.9862	-2.1376	-117.2366	TINGGI	S1 (2.2)	113	-46.0455	-120.4010	-2.4209	SEDANG
T2 (2.4)	81	-73.7148	-2.0616	-117.9045	TINGGI	S1 (2.3)	114	-46.1125	-121.2534	-2.3903	SEDANG
T2 (2.5)	82	-73.9773	-2.0385	-118.1238	TINGGI	S1 (2.4)	115	-46.0850	-120.7238	-2.4045	SEDANG
T3 (1.1)	83	-125.8003	-4.8042	-186.0102	TINGGI	S1 (2.5)	116	-83.0408	-146.4249	-2.9457	SEDANG
T3 (1.2)	84	-124.9604	-4.6530	-184.7738	TINGGI	S1 (3.1)	117	-83.1360	-147.8728	-2.8869	SEDANG
T3 (1.3)	85	-128.2209	-5.2119	-188.2454	TINGGI	S1 (3.2)	118	-83.0217	-145.7510	-2.9785	SEDANG
T3 (1.4)	86	-128.1164	-5.1969	-188.0489	TINGGI	S1 (3.3)	119	-64.9922	-144.4136	-1.2031	SEDANG
T3 (1.5)	87	-126.5005	-4.9151	-186.1707	TINGGI	S1 (3.4)	120	-64.7800	-142.3631	-1.1800	SEDANG
T3 (2.1)	88	-85.8328	-1.8654	-141.6657	TINGGI	S1 (3.5)	121	-64.8519	-142.9379	-1.1872	SEDANG
T3 (2.2)	89	-85.8328	-1.8654	-141.6657	TINGGI	S2 (1.1)	122	-60.3148	-139.2128	-1.3578	SEDANG
T3 (2.3)	90	-85.8328	-1.8654	-141.6657	TINGGI	S2 (1.2)	123	-60.2888	-138.4887	-1.3423	SEDANG
T3 (2.5)	91	-85.8328	-1.8654	-141.6657	TINGGI	S2 (1.3)	124	-60.4038	-139.5955	-1.3518	SEDANG
T3 (3.2)	92	-87.2197	-1.7742	-143.0589	TINGGI	S2 (1.4)	125	-89.3912	-141.1236	-4.8170	SEDANG
T3 (3.3)	93	-86.3693	-1.7373	-142.0032	TINGGI	S2 (1.5)	126	-89.5914	-141.6844	-4.8042	SEDANG
T3 (3.4)	94	-86.6205	-1.6974	-142.2472	TINGGI	S2 (2.1)	127	-89.6121	-142.3273	-4.7428	SEDANG
T3 (3.5)	95	-87.7489	-1.6533	-143.3866	TINGGI	S2 (2.2)	128	-77.3893	-162.8213	-2.2133	SEDANG
T4 (1.1)	96	-113.6315	-2.7795	-165.7531	TINGGI	S2 (2.3)	129	-77.3183	-162.3417	-2.1858	SEDANG
T4 (1.2)	97	-114.2111	-2.8709	-166.3102	TINGGI	S2 (2.4)	130	-78.1431	-150.0476	-2.1038	SEDANG
T4 (1.3)	98	-116.6477	-3.1954	-168.9062	TINGGI	S2 (2.5)	131	-78.3071	-151.0127	-2.1122	SEDANG
T4 (1.4)	99	-115.2721	-3.0373	-167.2915	TINGGI	S2 (3.1)	132	-78.1619	-149.3427	-2.1228	SEDANG
T4 (1.5)	100	-115.8297	-3.1235	-167.8929	TINGGI	S2 (3.2)	133	-78.0777	-148.6574	-2.1280	SEDANG

Prediction		RENDAH	TINGGI	SEDANG	Predicted
	🔒	1	2	3	4
S2 (3.3)	134	-52.4065	-135.4722	-1.7942	SEDANG
S2 (3.4)	135	-51.8192	-129.1375	-1.7766	SEDANG
S2 (3.5)	136	-52.2100	-132.8775	-1.7655	SEDANG
S3 (1.1)	137	-68.1665	-132.2678	-1.6267	SEDANG
S3 (1.2)	138	-68.2404	-133.0395	-1.5853	SEDANG
S3 (1.3)	139	-68.2683	-133.1000	-1.5834	SEDANG
S3 (1.4)	140	-67.1232	-163.7451	-2.3607	SEDANG
S3 (1.5)	141	-67.2635	-164.0895	-2.3928	SEDANG
S3 (2.1)	142	-67.3910	-164.8415	-2.4695	SEDANG
S3 (2.2)	143	-84.2286	-151.6719	-3.1404	SEDANG
S3 (2.3)	144	-84.2557	-151.4462	-3.1483	SEDANG
S3 (2.4)	145	-84.2524	-151.3344	-3.1496	SEDANG
S3 (2.5)	146	-77.3171	-155.3976	-1.9824	SEDANG
S3 (3.1)	147	-77.7444	-158.3951	-2.0841	SEDANG
S3 (3.2)	148	-77.7340	-158.2109	-2.0773	SEDANG
S3 (3.3)	149	-54.2539	-136.6181	-1.5020	SEDANG
S3 (3.4)	150	-54.0180	-134.2557	-1.4727	SEDANG
S3 (3.5)	151	-54.2039	-136.0376	-1.4960	SEDANG
S4 (1.1)	152	-42.6214	-136.1844	-3.7685	SEDANG
S4 (1.2)	153	-42.1967	-133.1460	-3.6184	SEDANG
S4 (1.3)	154	-42.4350	-134.8506	-3.6985	SEDANG
S4 (1.4)	155	-81.7614	-151.4944	-2.5094	SEDANG
S4 (1.5)	156	-81.6645	-150.1609	-2.5327	SEDANG
S4 (2.1)	157	-81.5237	-148.0724	-2.5861	SEDANG
S4 (2.2)	158	-54.2551	-136.6215	-1.4702	SEDANG
S4 (2.3)	159	-54.4393	-137.6556	-1.4834	SEDANG
S4 (2.4)	160	-54.3766	-137.0332	-1.4676	SEDANG
S4 (2.5)	161	-65.4668	-132.5665	-1.4389	SEDANG
S4 (3.1)	162	-65.3926	-129.7546	-1.6080	SEDANG
S4 (3.2)	163	-65.6981	-134.6863	-1.3618	SEDANG
S4 (3.3)	164	-57.8117	-142.1416	-1.4331	SEDANG
S4 (3.4)	165	-57.8842	-142.6284	-1.4442	SEDANG
S4 (3.5)	166	-57.7122	-141.1359	-1.3901	SEDANG

$$\% \text{ Pengenalan} = \frac{166}{166} \times 100\% = 100\%$$

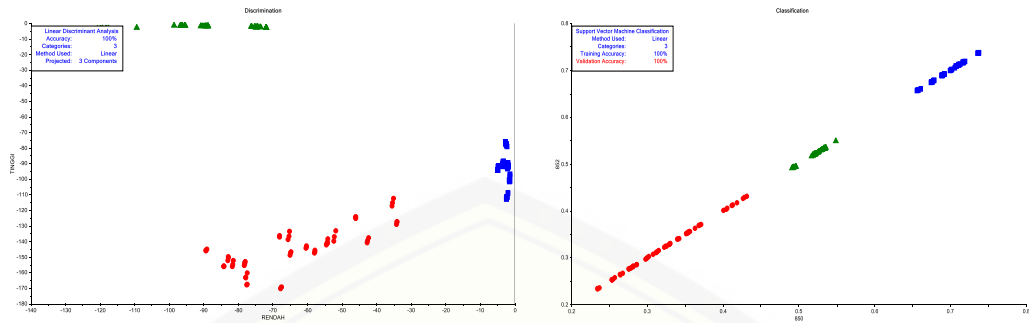
I.2 Model SVM



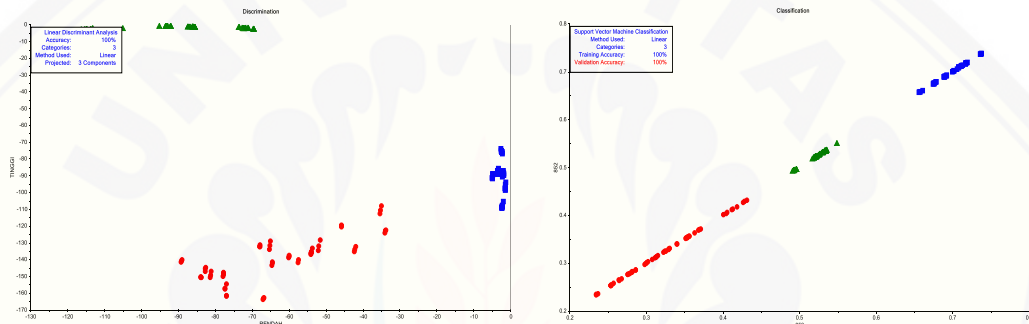
Prediction	C1	Prediction	C1	Prediction	C1	Prediction	C1	Prediction	C1
R1 (1.1)	1 RENDAH	R3 (1.5)	35 RENDAH	T1 (3.2)	69 TINGGI	T4(2.3)	103 TINGGI	S2 (3.3)	134 SEDANG
R1 (1.2)	2 RENDAH	R3 (2.1)	36 RENDAH	T1 (3.3)	70 TINGGI	T4 (2.4)	104 TINGGI	S2 (3.4)	135 SEDANG
R1 (1.3)	3 RENDAH	R3 (2.2)	37 RENDAH	T1 (3.4)	71 TINGGI	T4 (2.5)	105 TINGGI	S2 (3.5)	136 SEDANG
R1 (1.4)	4 RENDAH	R3 (2.3)	38 RENDAH	T1 (3.5)	72 TINGGI	T4 (3.4)	106 TINGGI	S3 (1.1)	137 SEDANG
R1 (1.5)	5 RENDAH	R3 (2.4)	39 RENDAH	T2 (1.1)	73 TINGGI	S1 (1.1)	107 SEDANG	S3 (1.2)	138 SEDANG
R1 (2.1)	6 RENDAH	R3 (2.5)	40 RENDAH	T2 (1.2)	74 TINGGI	S1 (1.2)	108 SEDANG	S3 (1.3)	139 SEDANG
R1 (2.2)	7 RENDAH	R3 (3.1)	41 RENDAH	T2 (1.3)	75 TINGGI	S1 (1.3)	109 SEDANG	S3 (1.4)	140 SEDANG
R1 (2.3)	8 RENDAH	R3 (3.2)	42 RENDAH	T2 (1.4)	76 TINGGI	S1 (1.4)	110 SEDANG	S3 (1.5)	141 SEDANG
R1 (2.4)	9 RENDAH	R3 (3.3)	43 RENDAH	T2 (1.5)	77 TINGGI	S1(1.5)	111 SEDANG	S3 (2.1)	142 SEDANG
R1 (2.5)	10 RENDAH	R3 (3.4)	44 RENDAH	T2 (2.1)	78 TINGGI	S1 (2.1)	112 SEDANG	S3 (2.2)	143 SEDANG
R1 (3.1)	11 RENDAH	R4 (1.1)	45 RENDAH	T2 (2.2)	79 TINGGI	S1 (2.2)	113 SEDANG	S3 (2.3)	144 SEDANG
R1 (3.2)	12 RENDAH	R4 (1.2)	46 RENDAH	T2 (2.3)	80 TINGGI	S1 (2.3)	114 SEDANG	S3 (2.4)	145 SEDANG
R1 (3.3)	13 RENDAH	R4 (1.3)	47 RENDAH	T2 (2.4)	81 TINGGI	S1 (2.4)	115 SEDANG	S3 (2.5)	146 SEDANG
R1 (3.4)	14 RENDAH	R4 (1.4)	48 RENDAH	T2 (2.5)	82 TINGGI	S1 (2.5)	116 SEDANG	S3 (3.1)	147 SEDANG
R1 (3.5)	15 RENDAH	R4 (1.5)	49 RENDAH	T3 (1.1)	83 TINGGI	S1 (3.1)	117 SEDANG	S3 (3.2)	148 SEDANG
R2 (1.1)	16 RENDAH	R4 (2.1)	50 RENDAH	T3 (1.2)	84 TINGGI	S1 (3.2)	118 SEDANG	S3 (3.3)	149 SEDANG
R2 (1.2)	17 RENDAH	R4 (2.2)	51 RENDAH	T3 (1.3)	85 TINGGI	S1 (3.3)	119 SEDANG	S3 (3.4)	150 SEDANG
R2 (1.3)	18 RENDAH	R4 (2.3)	52 RENDAH	T3 (1.4)	86 TINGGI	S1 (3.4)	120 SEDANG	S3 (3.5)	151 SEDANG
R2 (1.4)	19 RENDAH	R4 (2.4)	53 RENDAH	T3 (1.5)	87 TINGGI	S1 (3.5)	121 SEDANG	S4 (1.1)	152 SEDANG
R2 (1.5)	20 RENDAH	R4 (2.5)	54 RENDAH	T3 (2.1)	88 TINGGI	S2 (1.1)	122 SEDANG	S4 (1.2)	153 SEDANG
R2 (2.1)	21 RENDAH	R4 (3.1)	55 RENDAH	T3 (2.2)	89 TINGGI	S2 (1.2)	123 SEDANG	S4 (1.3)	154 SEDANG
R2 (2.2)	22 RENDAH	R4(3.2)	56 RENDAH	T3 (2.3)	90 TINGGI	S2 (1.3)	124 SEDANG	S4 (1.4)	155 SEDANG
R2 (2.3)	23 RENDAH	R4 (3.3)	57 RENDAH	T3 (2.5)	91 TINGGI	S2 (1.4)	125 SEDANG	S4 (1.5)	156 SEDANG
R2 (2.4)	24 RENDAH	T1 (1.1)	58 TINGGI	T3 (3.2)	92 TINGGI	S2 (1.5)	126 SEDANG	S4 (2.1)	157 SEDANG
R2 (2.5)	25 RENDAH	T1 (1.2)	59 TINGGI	T3 (3.3)	93 TINGGI	S2 (2.1)	127 SEDANG	S4 (2.2)	158 SEDANG
R2 (3.1)	26 RENDAH	T1 (1.3)	60 TINGGI	T3 (3.4)	94 TINGGI	S2 (2.2)	128 SEDANG	S4 (2.3)	159 SEDANG
R2 (3.2)	27 RENDAH	T1 (1.4)	61 TINGGI	T3 (3.5)	95 TINGGI	S2 (2.3)	129 SEDANG	S4 (2.4)	160 SEDANG
R2 (3.3)	28 RENDAH	T1(1.5)	62 TINGGI	T4 (1.1)	96 TINGGI	S2 (2.4)	130 SEDANG	S4 (2.5)	161 SEDANG
R2 (3.4)	29 RENDAH	T1 (2.1)	63 TINGGI	T4 (1.2)	97 TINGGI	S2 (2.5)	131 SEDANG	S4 (3.1)	162 SEDANG
R2 (3.5)	30 RENDAH	T1 (2.2)	64 TINGGI	T4 (1.3)	98 TINGGI	S2 (3.1)	132 SEDANG	S4 (3.2)	163 SEDANG
R3 (1.1)	31 RENDAH	T1 (2.3)	65 TINGGI	T4 (1.4)	99 TINGGI	S2 (3.2)	133 SEDANG	S4 (3.3)	164 SEDANG
R3 (1.2)	32 RENDAH	T1 (2.4)	66 TINGGI	T4 (1.5)	100 TINGGI	S2 (3.3)	134 SEDANG	S4 (3.4)	165 SEDANG
R3 (1.3)	33 RENDAH	T1 (2.5)	67 TINGGI	T4 (2.1)	101 TINGGI	S2 (3.4)	135 SEDANG	S4 (3.5)	166 SEDANG
R3 (1.4)	34 RENDAH	T1 (3.1)	68 TINGGI	T4 (2.2)	102 TINGGI	S2 (3.5)	136 SEDANG		

$$\% \text{ Pengenalan} = \frac{166}{166} \times 100\% = 100\%$$

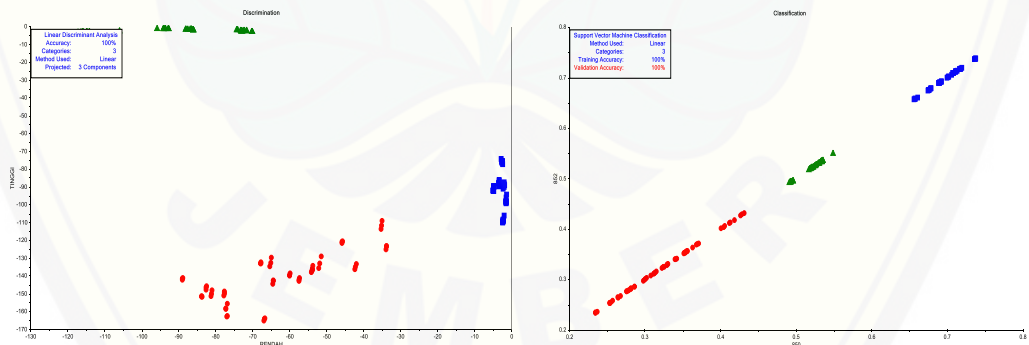
I.4 Validasi LOOCV Model LDA dan SVM



Sampel yang dikeluarkan T3



Sampel yang dikeluarkan S4



Sampel yang dikeluarkan R1

I.5 Validasi 2FCV Model LDA dan SVM

a. LDA

2FCV LDA	RENDAH	TINGGI	SEDANG	Class	2FCV LDA	RENDAH	TINGGI	SEDANG	Class		
	1	2	3	4		1	2	3	4		
R5 (1.1)	1	-14.5993	-49.5596	-93.7571	RENDAH	R5 (3.3)	13	-13.0136	-45.6721	-66.5503	RENDAH
R5 (1.2)	2	-14.4445	-49.0163	-93.3832	RENDAH	R5 (3.4)	14	-12.8400	-45.8457	-66.3105	RENDAH
R5 (1.3)	3	-15.3408	-46.9612	-94.5397	RENDAH	R5 (3.5)	15	-12.7024	-46.0334	-66.0864	RENDAH
R5 (1.4)	4	-14.7808	-47.7956	-93.7747	RENDAH	T5 (1.1)	16	-83.0598	-2.9912	-115.1227	TINGGI
R5 (1.5)	5	-14.4497	-47.2028	-93.7861	RENDAH	T5 (1.2)	17	-82.8027	-3.0259	-114.7857	TINGGI
R5 (2.1)	6	-22.7675	-30.3925	-100.0250	RENDAH	T5 (1.3)	18	-84.8394	-2.8999	-117.0372	TINGGI
R5 (2.2)	7	-23.9119	-29.0091	-101.3730	RENDAH	T5 (1.4)	19	-83.4645	-3.0112	-115.4462	TINGGI
R5 (2.3)	8	-24.8746	-27.9491	-102.5195	RENDAH	T5 (1.5)	20	-85.0746	-2.9206	-117.1983	TINGGI
R5 (2.4)	9	-24.1615	-28.4151	-101.4770	RENDAH	T5 (2.1)	21	-74.6267	-1.9415	-130.2651	TINGGI
R5 (2.5)	10	-24.7486	-27.6990	-102.1098	RENDAH	T5 (2.2)	22	-75.0505	-1.8906	-130.5638	TINGGI
R5 (3.1)	11	-12.5094	-47.8753	-66.0646	RENDAH	T5 (2.3)	23	-78.8454	-1.7393	-132.4361	TINGGI
R5 (3.2)	12	-12.2372	-47.9752	-65.5864	RENDAH	T5 (2.4)	24	-76.2516	-1.7784	-131.6434	TINGGI
R5 (3.3)	13	-13.0136	-45.6721	-66.5503	RENDAH	T5 (2.5)	25	-76.1211	-1.7865	-131.4136	TINGGI
R5 (3.4)	14	-12.8400	-45.8457	-66.3105	RENDAH	T5 (3.1)	26	-63.3070	-12.0897	-73.6350	TINGGI
R5 (3.5)	15	-12.7024	-46.0334	-66.0864	RENDAH	T5 (3.2)	27	-64.4752	-11.6883	-74.9008	TINGGI
T5 (1.1)	16	-83.0598	-2.9912	-115.1227	TINGGI	T5 (3.3)	28	-66.8571	-10.9083	-77.5490	TINGGI
T5 (1.2)	17	-82.8027	-3.0259	-114.7857	TINGGI	T5 (3.4)	29	-68.8130	-10.9572	-77.4066	TINGGI
T5 (1.3)	18	-84.8394	-2.8999	-117.0372	TINGGI	T5 (3.5)	30	-66.5199	-11.0671	-77.0282	TINGGI
T5 (1.4)	19	-83.4645	-3.0112	-115.4462	TINGGI	S5 (1.1)	31	-81.7613	-151.4935	-2.5094	SEDANG
T5 (1.5)	20	-85.0746	-2.9206	-117.1983	TINGGI	S5 (1.2)	32	-81.6646	-150.1616	-2.5327	SEDANG
T5 (2.1)	21	-74.6267	-1.9415	-130.2651	TINGGI	S5 (1.3)	33	-81.5237	-148.0729	-2.5861	SEDANG
T5 (2.2)	22	-75.0505	-1.8906	-130.5638	TINGGI	S5 (1.4)	34	-84.2557	-151.4463	-3.1483	SEDANG
T5 (2.3)	23	-78.8454	-1.7393	-132.4361	TINGGI	S5 (1.5)	35	-84.2285	-151.6717	-3.1404	SEDANG
T5 (2.4)	24	-76.2516	-1.7784	-131.6434	TINGGI	S5 (2.1)	36	-54.3767	-137.0336	-1.4677	SEDANG
T5 (2.5)	25	-76.1211	-1.7865	-131.4136	TINGGI	S5 (2.2)	37	-65.4668	-132.5662	-1.4389	SEDANG
T5 (3.1)	26	-63.3070	-12.0897	-73.6350	TINGGI	S5 (2.3)	38	-65.3925	-129.7945	-1.6088	SEDANG
T5 (3.2)	27	-64.4752	-11.6883	-74.9008	TINGGI	S5 (2.4)	39	-65.6981	-124.6894	-1.3618	SEDANG
T5 (3.3)	28	-66.8571	-10.9083	-77.5490	TINGGI	S5 (2.5)	40	-57.8117	-142.1415	-1.4331	SEDANG
T5 (3.4)	29	-68.8130	-10.9572	-77.4066	TINGGI	S5 (3.1)	41	-57.8842	-142.6286	-1.4444	SEDANG
T5 (3.5)	30	-66.5199	-11.0671	-77.0282	TINGGI	S5 (3.2)	42	-57.7122	-141.1361	-1.3901	SEDANG
S5 (1.1)	31	-81.7613	-151.4935	-2.5094	SEDANG	S5 (3.3)	43	-84.2285	-151.6717	-3.1404	SEDANG
S5 (1.2)	32	-81.6646	-150.1616	-2.5327	SEDANG	S5 (3.4)	44	-84.2557	-151.4463	-3.1483	SEDANG
S5 (1.3)	33	-81.5237	-148.0729	-2.5861	SEDANG	S5 (3.5)	45	-84.2525	-151.3340	-3.1496	SEDANG
S5 (1.4)	34	-84.2557	-151.4463	-3.1483	SEDANG						
S5 (1.5)	35	-84.2285	-151.6717	-3.1404	SEDANG						

$$\% \text{ Pengenalan} = \frac{45}{45} \times 100\% = 100\%$$

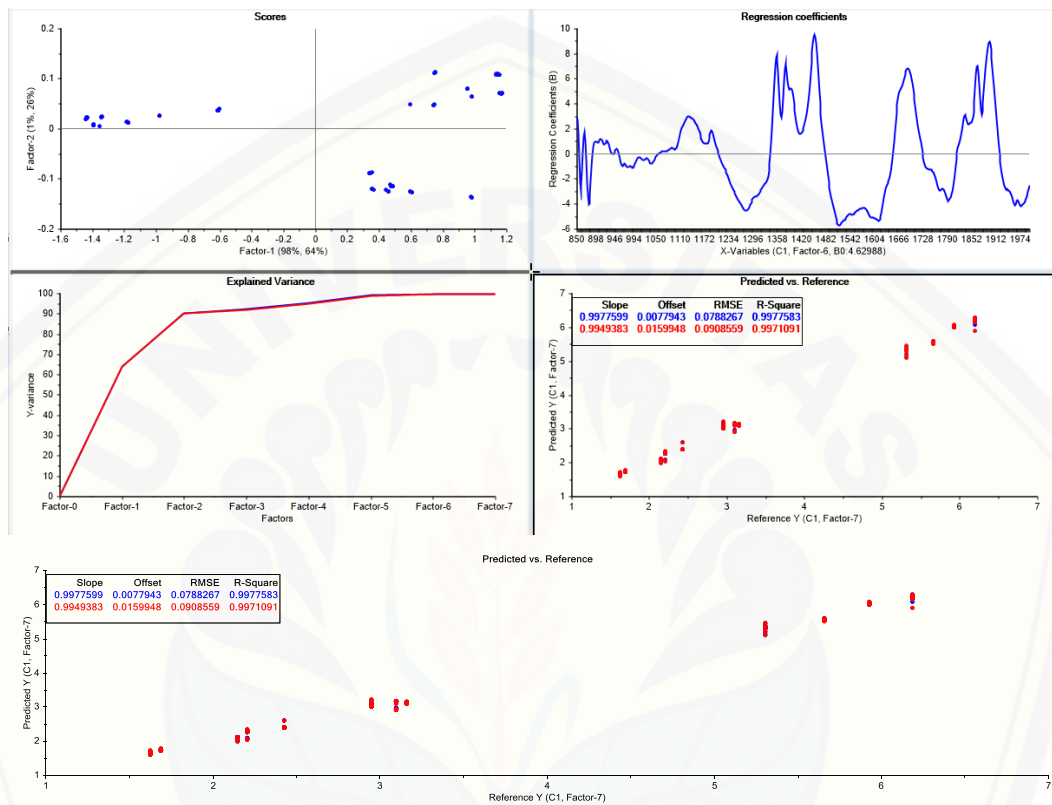
b. SVM

Classified_Tr	C1	1	Classified_Tr	C1	1
R5 (1.1)	1	RENDAH	R5 (3.4)	14	TINGGI
R5 (1.2)	2	RENDAH	R5 (3.5)	15	TINGGI
R5 (1.3)	3	RENDAH	T5 (1.1)	16	TINGGI
R5 (1.4)	4	RENDAH	T5 (1.2)	17	TINGGI
R5 (1.5)	5	RENDAH	T5 (1.3)	18	TINGGI
R5 (2.1)	6	RENDAH	T5 (1.4)	19	TINGGI
R5 (2.2)	7	RENDAH	T5 (1.5)	20	TINGGI
R5 (2.3)	8	RENDAH	T5 (2.1)	21	TINGGI
R5 (2.4)	9	RENDAH	T5 (2.2)	22	TINGGI
R5 (2.5)	10	RENDAH	T5 (2.3)	23	TINGGI
R5 (3.1)	11	TINGGI	T5 (2.4)	24	TINGGI
R5 (3.2)	12	TINGGI	T5 (2.5)	25	TINGGI
R5 (3.3)	13	TINGGI	T5 (3.1)	26	TINGGI
R5 (3.4)	14	TINGGI	T5 (3.2)	27	TINGGI
R5 (3.5)	15	TINGGI	T5 (3.3)	28	TINGGI
T5 (1.1)	16	TINGGI	T5 (3.4)	29	TINGGI
T5 (1.2)	17	TINGGI	T5 (3.5)	30	TINGGI
T5 (1.3)	18	TINGGI	S5 (1.1)	31	SEDANG
T5 (1.4)	19	TINGGI	S5 (1.2)	32	SEDANG
T5 (1.5)	20	TINGGI	S5 (1.3)	33	SEDANG
T5 (2.1)	21	TINGGI	S5 (1.4)	34	SEDANG
T5 (2.2)	22	TINGGI	S5 (1.5)	35	SEDANG
T5 (2.3)	23	TINGGI	S5 (2.1)	36	SEDANG
T5 (2.4)	24	TINGGI	S5 (2.2)	37	SEDANG
T5 (2.5)	25	TINGGI	S5 (2.3)	38	SEDANG
T5 (3.1)	26	TINGGI	S5 (2.4)	39	SEDANG
T5 (3.2)	27	TINGGI	S5 (2.5)	40	SEDANG
T5 (3.3)	28	TINGGI	S5 (3.1)	41	SEDANG
T5 (3.4)	29	TINGGI	S5 (3.2)	42	SEDANG
T5 (3.5)	30	TINGGI	S5 (3.3)	43	SEDANG
S5 (1.1)	31	SEDANG	S5 (3.4)	44	SEDANG
S5 (1.2)	32	SEDANG	S5 (3.5)	45	SEDANG
S5 (1.3)	33	SEDANG			

$$\% \text{ Pengenalan} = \frac{40}{45} \times 100\% = 89\%$$

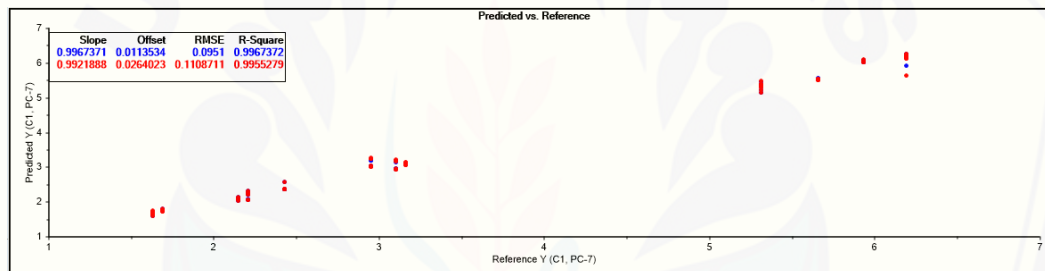
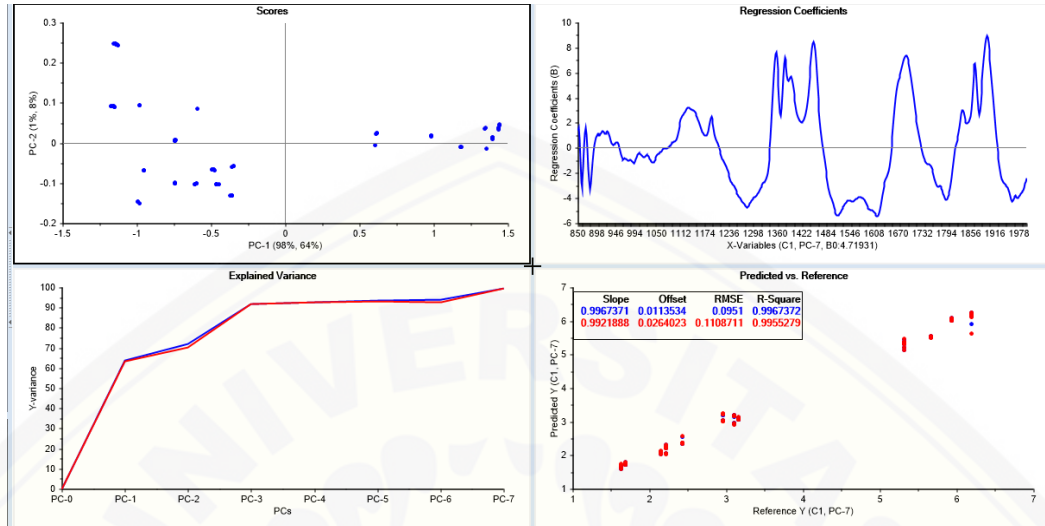
Lampiran J. Hasil Penentuan Kalibrasi dan Validasinya dengan Kemometrik

J.1 Model PLS



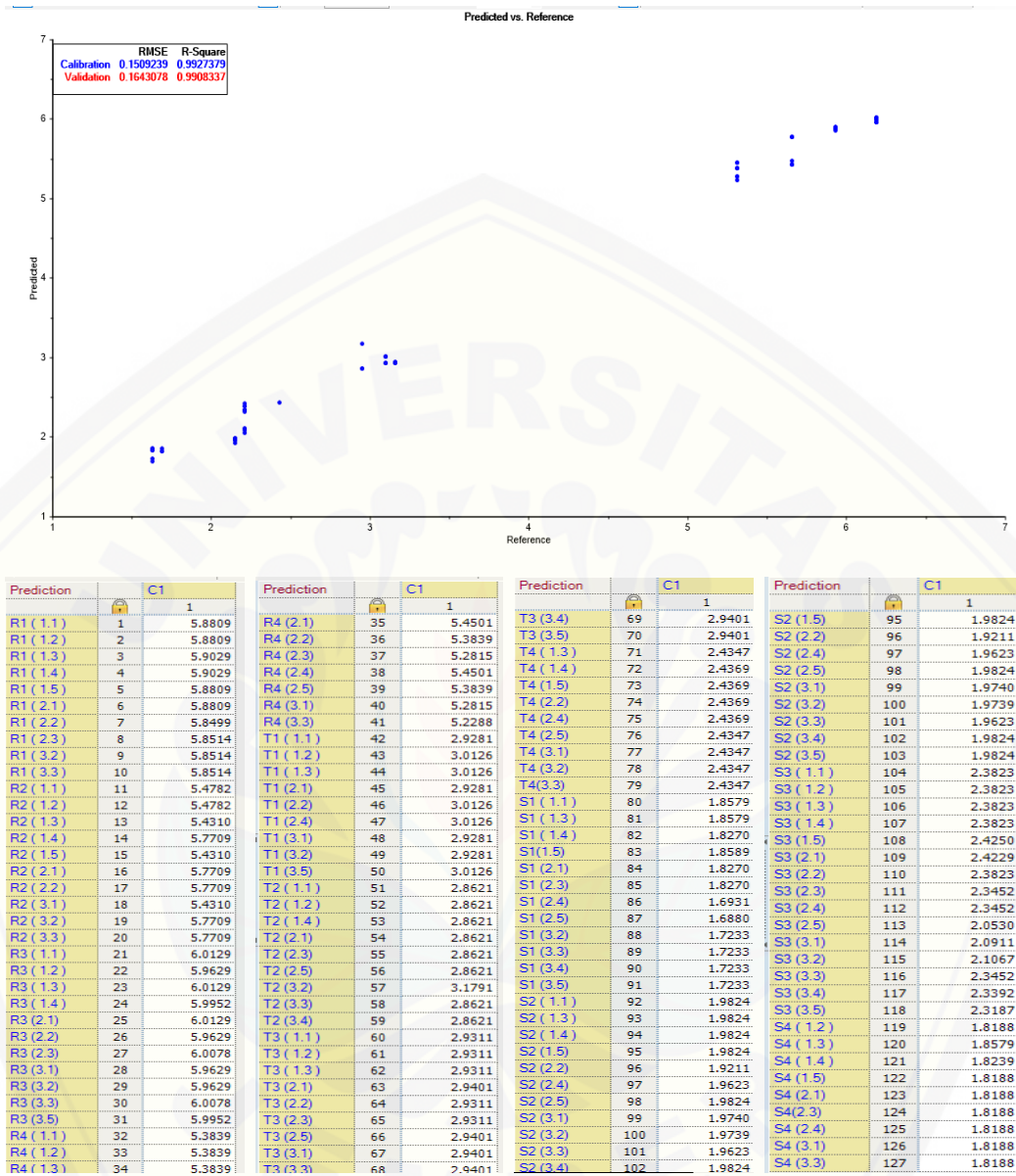
	Measured	Predicted	Pred STDErr		Measured	Predicted	Pred STDErr		Measured	Predicted	Pred STDErr		Measured	Predicted	Pred STDErr
R1 (1.1)	5.9300	6.0445	0.0870	R4 (1.1)	5.3100	5.3070	0.0872	T3 (2.1)	3.1600	3.1373	0.0853	S2 (1.4)	2.1500	2.1099	0.0853
R1 (1.2)	5.9300	6.0445	0.0870	R4 (1.2)	5.3100	5.3070	0.0872	T3 (2.2)	3.1600	3.0978	0.0853	S2 (2.2)	2.1500	2.0931	0.0852
R1 (1.3)	5.9300	5.9934	0.0871	R4 (1.3)	5.3100	5.3070	0.0872	T3 (2.3)	3.1600	3.0978	0.0853	S2 (2.4)	2.1500	2.0931	0.0852
R1 (1.4)	5.9300	6.0623	0.0874	R4 (2.1)	5.3100	5.3650	0.0872	T3 (2.5)	3.1600	3.1373	0.0853	S2 (3.1)	2.1500	2.1037	0.0853
R1 (1.5)	5.9300	5.9934	0.0871	R4 (2.2)	5.3100	5.3070	0.0872	T3 (3.1)	3.1600	3.1373	0.0853	S2 (3.2)	2.1500	2.0990	0.0853
R1 (2.1)	5.9300	6.0445	0.0870	R4 (2.3)	5.3100	5.2063	0.0874	T3 (3.3)	3.1600	3.1373	0.0853	S2 (3.3)	2.1500	2.0931	0.0852
R1 (2.2)	5.9300	5.9934	0.0871	R4 (2.4)	5.3100	5.3650	0.0872	T3 (3.4)	3.1600	3.1373	0.0853	S2 (3.4)	2.1500	2.0931	0.0852
R1 (2.3)	5.9300	6.0117	0.0872	R4 (2.5)	5.3100	5.3070	0.0872	T3 (3.5)	3.1600	3.1373	0.0853	S2 (3.5)	2.1500	2.1099	0.0853
R1 (3.2)	5.9300	6.0117	0.0872	R4 (3.1)	5.3100	5.4977	0.0871	T4 (1.3)	2.4300	2.3888	0.0855	S3 (3.5)	2.1500	2.1099	0.0853
R1 (3.3)	5.9300	6.0117	0.0872	R4 (3.3)	5.3100	5.1274	0.0872	T4 (1.4)	2.4300	2.3895	0.0855	S3 (1.1)	2.2100	2.2368	0.0851
R2 (1.1)	5.6600	5.5620	0.0873	T1 (1.1)	3.1000	2.9560	0.0878	T4 (1.5)	2.4300	2.5801	0.0852	S3 (1.2)	2.2100	2.2368	0.0851
R2 (1.2)	5.6600	5.5620	0.0873	T1 (1.2)	3.1000	3.1541	0.0854	T4 (2.2)	2.4300	2.3895	0.0855	S3 (1.3)	2.2100	2.2368	0.0851
R2 (1.3)	5.6600	5.5451	0.0871	T1 (1.3)	3.1000	2.9329	0.0884	T4 (2.4)	2.4300	2.3895	0.0855	S3 (1.4)	2.2100	2.2368	0.0851
R2 (1.4)	5.6600	5.5726	0.0868	T1 (1.3)	3.1000	2.9740	0.0888	T4 (2.5)	2.4300	2.3888	0.0855	S3 (1.5)	2.2100	2.2555	0.0852
R2 (1.5)	5.6600	5.5451	0.0871	T1 (2.2)	3.1000	3.1541	0.0854	T4 (3.1)	2.4300	2.3888	0.0855	S3 (2.1)	2.2100	2.3046	0.0853
R2 (2.1)	5.6600	5.5726	0.0868	T1 (2.4)	3.1000	3.1541	0.0854	T4 (3.2)	2.4300	2.3888	0.0855	S3 (2.2)	2.2100	2.2368	0.0851
R2 (2.2)	5.6600	5.5726	0.0868	T1 (3.1)	3.1000	2.9740	0.0888	T4 (3.3)	2.4300	2.3888	0.0855	S3 (2.3)	2.2100	2.2279	0.0847
R2 (3.1)	5.6600	5.5451	0.0871	T1 (3.2)	3.1000	3.0936	0.0854	S1 (1.1)	1.6300	1.6016	0.0916	S3 (2.4)	2.2100	2.2279	0.0847
R2 (3.2)	5.6600	5.5726	0.0868	T1 (3.5)	3.1000	3.1541	0.0854	S1 (1.3)	1.6300	1.6016	0.0916	S3 (2.5)	2.2100	2.0544	0.0851
R2 (3.3)	5.6600	5.5726	0.0868	T2 (1.1)	2.9500	2.9819	0.0852	S1 (1.4)	1.6300	1.6005	0.0879	S3 (3.1)	2.2100	2.0817	0.0851
R3 (1.1)	6.1900	6.1848	0.0870	T2 (1.2)	2.9500	3.1801	0.0852	S1 (1.5)	1.6300	1.6439	0.0878	S3 (3.2)	2.2100	2.0808	0.0852
R3 (1.2)	6.1900	6.1948	0.0869	T2 (1.4)	2.9500	2.9819	0.0852	S1 (2.1)	1.6300	1.6005	0.0879	S3 (3.3)	2.2100	2.2279	0.0847
R3 (1.3)	6.1900	6.2689	0.0870	T2 (2.1)	2.9500	2.9819	0.0852	S1 (2.3)	1.6300	1.6005	0.0879	S3 (3.4)	2.2100	2.2379	0.0847
R3 (1.4)	6.1900	6.2371	0.0871	T2 (2.3)	2.9500	2.9819	0.0852	S1 (2.4)	1.6300	1.6743	0.0853	S4 (1.2)	1.6900	1.7602	0.0851
R3 (2.1)	6.1900	6.1848	0.0870	T2 (2.5)	2.9500	3.1836	0.0853	S1 (2.5)	1.6300	1.6219	0.0852	S4 (1.3)	1.6900	1.7770	0.0852
R3 (2.2)	6.1900	6.1848	0.0870	T2 (3.2)	2.9500	3.1832	0.0865	S1 (3.2)	1.6300	1.6750	0.0852	S4 (1.4)	1.6900	1.8124	0.0851
R3 (2.3)	6.1900	6.1233	0.0868	T2 (3.4)	2.9500	2.9819	0.0852	S1 (3.3)	1.6300	1.6750	0.0852	S4 (1.5)	1.6900	1.7602	0.0851
R3 (3.1)	6.1900	6.2371	0.0871	T2 (3.4)	2.9500	3.1836	0.0863	S1 (3.4)	1.6300	1.6750	0.0852	S4 (2.1)	1.6900	1.7602	0.0851
R3 (3.2)	6.1900	6.2689	0.0870	T3 (1.1)	3.1600	3.0978	0.0853	S1 (3.5)	1.6300	1.6750	0.0852	S4 (2.3)	1.6900	1.7602	0.0851
R3 (3.3)	6.1900	6.1233	0.0868	T3 (1.2)	3.1600	3.0978	0.0853	S2 (1.1)	2.1500	2.1099	0.0853	S4 (2.4)	1.6900	1.7602	0.0851
R3 (3.5)	6.1900	5.9817	0.0894	T3 (1.3)	3.1600	3.0978	0.0853	S2 (1.3)	2.1500	2.1099	0.0853	S4 (3.1)	1.6900	1.7602	0.0851
R4 (1.1)	5.3100	5.3070	0.0872	T3 (2.1)	3.1600	3.1373	0.0853	S2 (1.4)	2.1500	2.1099	0.0853	S4 (3.3)	1.6900	1.7602	0.0851

J.2 Model PCR

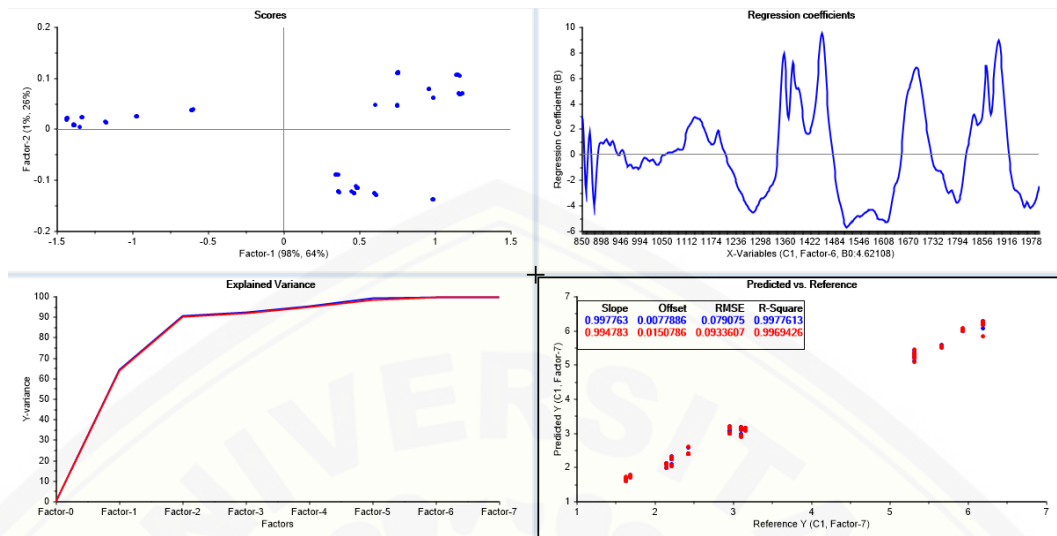


	Measured	Predicted	Pred STDE		Measured	Predicted	Pred STDE		Measured	Predicted	Pred STDE		Measured	Predicted	Pred STDE	
R3 (3.5)	6.1900	5.9088	0.1024	R1 (1.1)	5.9300	6.0725	0.0987	T3 (1.2)	3.1600	3.0801	0.0967	S1 (3.5)	1.6300	1.6796	0.0967	
R4 (1.1)	5.3100	5.3199	0.0988	R1 (1.2)	5.9300	6.0725	0.0987	T3 (1.3)	3.1600	3.0801	0.0967	S2 (1.1)	2.1500	2.1013	0.0967	
R4 (1.2)	5.3100	5.3199	0.0988	R1 (1.3)	5.9300	6.0174	0.0988	T3 (2.1)	3.1600	3.1206	0.0967	S2 (1.3)	2.1500	2.1013	0.0967	
R4 (1.3)	5.3100	5.3199	0.0988	R1 (1.4)	5.9300	6.0824	0.0992	T3 (2.2)	3.1600	3.0801	0.0967	S2 (1.4)	2.1500	2.1013	0.0967	
R4 (2.1)	5.3100	5.3735	0.0989	R1 (1.5)	5.9300	6.0174	0.0988	T3 (2.3)	3.1600	3.0801	0.0967	S2 (2.2)	2.1500	2.0316	0.0972	
R4 (2.2)	5.3100	5.3199	0.0988	R1 (2.1)	5.9300	6.0725	0.0987	T3 (2.5)	3.1600	3.1206	0.0967	S2 (2.4)	2.1500	2.0991	0.0966	
R4 (2.3)	5.3100	5.2278	0.0991	R1 (2.2)	5.9300	6.0174	0.0988	T3 (3.1)	3.1600	3.1206	0.0967	S2 (2.5)	2.1500	2.1013	0.0967	
R4 (2.4)	5.3100	5.3735	0.0989	R1 (2.3)	5.9300	6.0365	0.0989	T3 (3.3)	3.1600	3.1206	0.0967	S2 (3.1)	2.1500	2.1229	0.0967	
R4 (2.5)	5.3100	5.3199	0.0988	R1 (3.2)	5.9300	6.0365	0.0989	T3 (3.4)	3.1600	3.1206	0.0967	S2 (3.2)	2.1500	2.1061	0.0967	
R4 (3.1)	5.3100	5.4489	0.0988	R1 (3.3)	5.9300	6.0365	0.0989	T3 (3.5)	3.1600	3.1206	0.0967	S2 (3.3)	2.1500	2.0991	0.0966	
R4 (3.3)	5.3100	5.1492	0.0989	R2 (1.1)	5.6600	5.5549	0.0990	T4 (1.3)	2.4300	2.3626	0.0970	S2 (3.4)	2.1500	2.1013	0.0967	
T1 (1.1)	3.1000	2.9555	0.0996	R2 (1.2)	5.6600	5.5549	0.0990	T4 (1.4)	2.4300	2.3546	0.0970	S2 (3.5)	2.1500	2.1013	0.0967	
T1 (1.2)	3.1000	3.1966	0.0973	R2 (1.3)	5.6600	5.5324	0.0988	T4 (1.5)	2.4300	2.5597	0.0967	S3 (1.1)	2.2100	2.2476	0.0966	
T1 (1.3)	3.1000	2.9271	0.1003	R2 (1.4)	5.6600	5.5280	0.1000	T4 (2.2)	2.4300	2.3546	0.0970	S3 (1.2)	2.2100	2.2476	0.0966	
T1 (2.1)	3.1000	2.9551	0.1008	R2 (1.5)	5.6600	5.5324	0.0988	T4 (2.4)	2.4300	2.3546	0.0970	S3 (1.3)	2.2100	2.2476	0.0966	
T1 (2.2)	3.1000	3.1966	0.0973	R2 (2.1)	5.6600	5.5280	0.1000	T4 (2.5)	2.4300	2.3626	0.0970	S3 (1.4)	2.2100	2.2476	0.0966	
T1 (2.4)	3.1000	3.1966	0.0973	R2 (2.2)	5.6600	5.5280	0.1000	T4 (3.1)	2.4300	2.3626	0.0970	S3 (1.5)	2.2100	2.2682	0.0968	
T1 (3.1)	3.1000	2.9551	0.1008	R2 (3.1)	5.6600	5.5324	0.0988	T4 (3.2)	2.4300	2.3626	0.0970	S3 (2.1)	2.2100	2.3151	0.0968	
T1 (3.2)	3.1000	3.1423	0.0972	R2 (3.2)	5.6600	5.5280	0.1000	T4 (3.3)	2.4300	2.3626	0.0970	S3 (2.2)	2.2100	2.2476	0.0966	
T1 (3.5)	3.1000	3.1966	0.0973	R2 (3.3)	5.6600	5.5280	0.1000	S1 (1.1)	1.6300	1.6547	0.1053	S3 (2.3)	2.2100	2.2476	0.0966	
T2 (1.1)	2.9500	3.0326	0.0972	R3 (1.1)	6.1900	6.1651	0.0987	S1 (1.3)	1.6300	1.6547	0.1053	S3 (3.1)	2.2100	2.2131	0.0963	
T2 (1.2)	2.9500	3.2293	0.0972	R3 (1.2)	6.1900	6.1724	0.0985	S1 (1.4)	1.6300	1.6253	0.1007	S3 (3.2)	2.2100	2.2321	0.0964	
T2 (1.4)	2.9500	3.0326	0.0972	R3 (1.3)	6.1900	6.2453	0.0986	S1 (1.5)	1.6300	1.6696	0.1006	S3 (3.4)	2.2100	2.2421	0.0963	
T2 (2.1)	2.9500	3.0326	0.0972	R3 (1.4)	6.1900	6.2193	0.0988	S1 (2.1)	1.6300	1.6253	0.1007	S4 (1.2)	1.6900	1.7344	0.0973	
T2 (2.3)	2.9500	3.0326	0.0972	R3 (2.1)	6.1900	6.1651	0.0987	S1 (2.3)	1.6300	1.6253	0.1007	S4 (1.3)	1.6900	1.7690	0.0970	
T2 (2.5)	2.9500	3.1923	0.1008	R3 (2.2)	6.1900	6.1651	0.0987	S1 (2.4)	1.6300	1.6727	0.0969	S4 (1.4)	1.6900	1.8036	0.0969	
T2 (3.2)	2.9500	3.1977	0.1007	R3 (2.3)	6.1900	6.1468	0.0997	S1 (2.5)	1.6300	1.6049	0.0970	S4 (1.5)	1.6900	1.7344	0.0973	
T2 (3.3)	2.9500	3.0326	0.0972	R3 (3.1)	6.1900	6.2193	0.0988	S1 (3.2)	1.6300	1.6796	0.0967	S4 (2.3)	1.6900	1.7344	0.0973	
T2 (3.4)	2.9500	3.1923	0.1008	R3 (3.2)	6.1900	6.2453	0.0986	S1 (3.3)	1.6300	1.6796	0.0967	S4 (2.4)	1.6900	1.7344	0.0973	
T3 (1.1)	3.1600	3.0801	0.0967	R3 (3.3)	6.1900	6.1468	0.0997	S1 (3.4)	1.6300	1.6796	0.0967	S4 (3.1)	1.6900	1.7344	0.0973	
													S4 (3.3)	1.6900	1.7344	0.0973

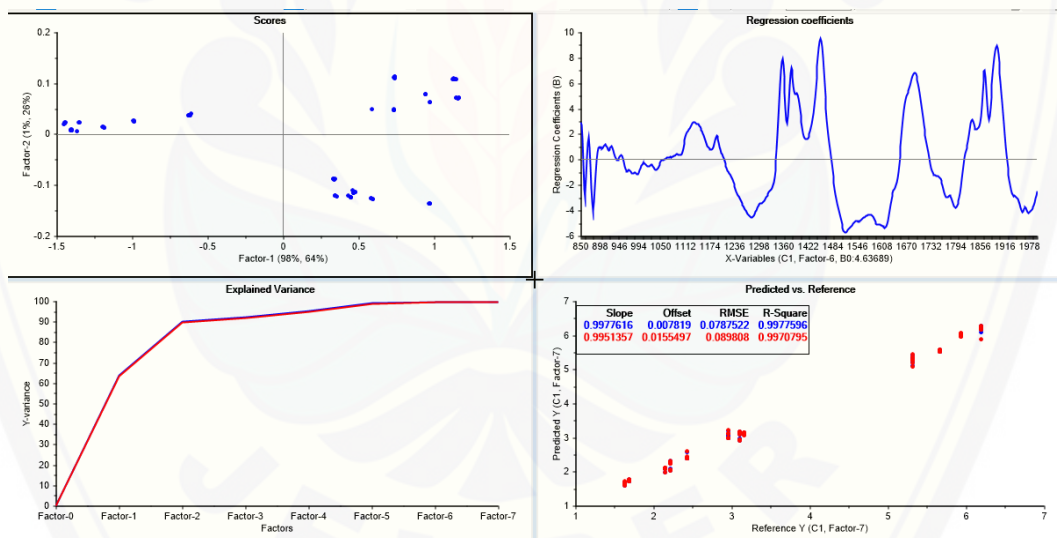
J.3 Model SVR



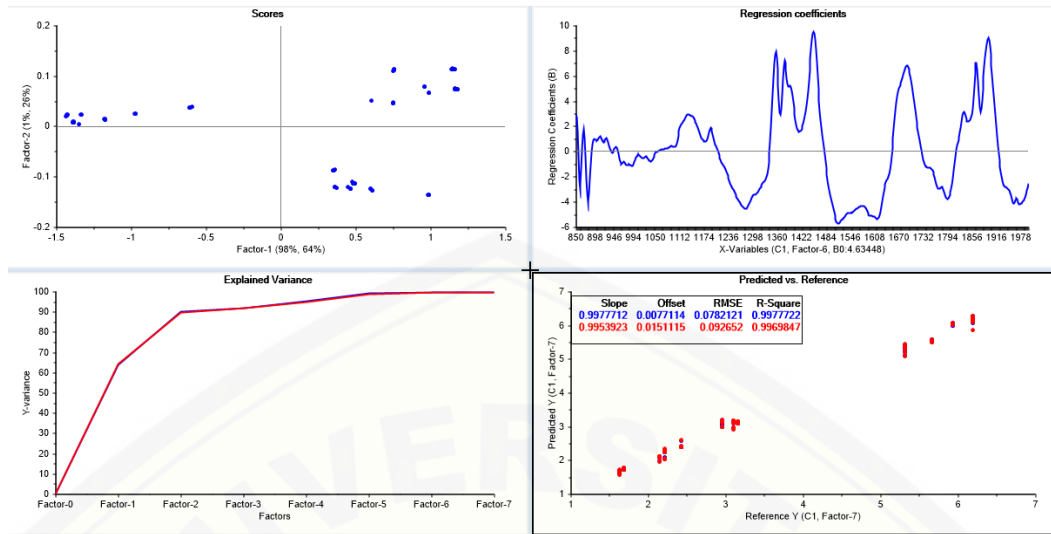
J.4 Validasi LOOCV Model Terpilih PLS



Sampel yang dikeluarkan T3

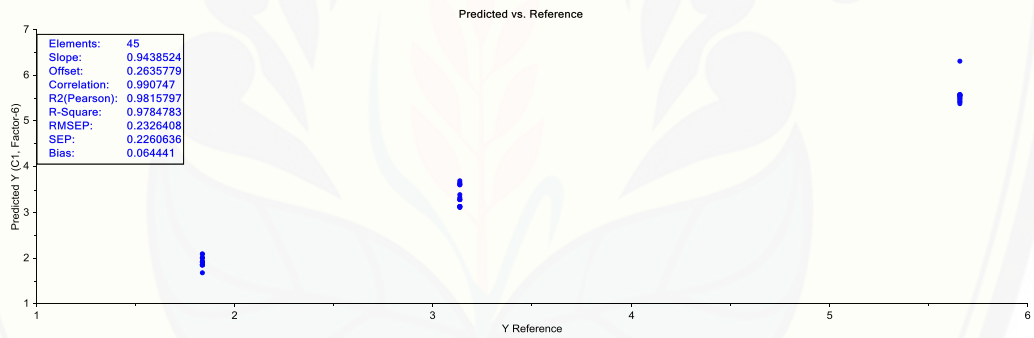


Sampel yang dikeluarkan S4



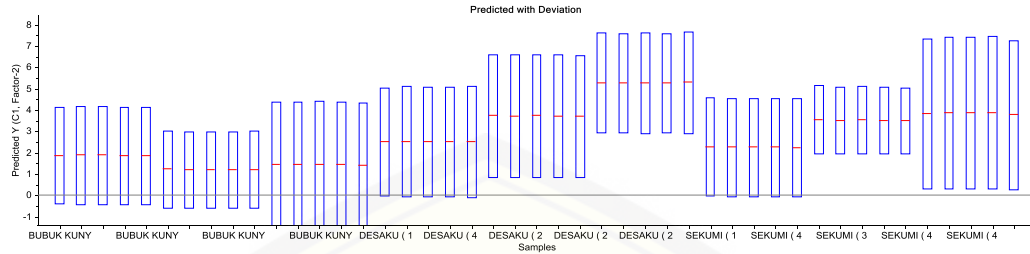
Sampel yang dikeluarkan R1

J.5 Validasi 2FCV Model Terpilih PLS



Predicted Y (C1, Predicted)	Deviation	Reference	
R5 (1.1)	5.4155	0.1515	5.6600
R5 (1.2)	5.4155	0.1515	5.6600
R5 (1.3)	5.5011	0.1482	5.6600
R5 (1.4)	5.4580	0.1501	5.6600
R5 (1.5)	5.5726	0.1507	5.6600
R5 (2.1)	5.5253	0.1571	5.6600
R5 (2.2)	5.3749	0.0687	5.6600
R5 (2.3)	5.5620	0.0597	5.6600
R5 (2.4)	5.5451	0.0688	5.6600
R5 (2.5)	5.4814	0.0778	5.6600
R5 (3.1)	5.5726	0.1507	5.6600
R5 (3.2)	5.5726	0.1507	5.6600
R5 (3.3)	5.5451	0.0688	5.6600
R5 (3.4)	5.5726	0.1507	5.6600
R5 (3.5)	6.3150	0.0882	5.6600
T5 (1.1)	3.6080	0.1581	3.1400
T5 (1.2)	3.6525	0.1563	3.1400
T5 (1.3)	3.6242	0.1561	3.1400
T5 (1.4)	3.6058	0.1606	3.1400
T5 (1.5)	3.6850	0.1719	3.1400
T5 (2.1)	3.1068	0.1015	3.1400
T5 (2.2)	3.1313	0.0982	3.1400
T5 (2.3)	3.2812	0.1057	3.1400
T5 (2.4)	3.3163	0.0986	3.1400
T5 (2.5)	3.3737	0.0886	3.1400
T5 (3.1)	3.1313	0.0982	3.1400
T5 (3.2)	3.1313	0.0982	3.1400
T5 (3.3)	3.2812	0.1057	3.1400
T5 (3.4)	3.2812	0.1057	3.1400
T5 (3.5)	3.1313	0.0982	3.1400
S5 (1.1)	1.8472	0.1078	1.8400
S5 (1.2)	1.8472	0.1078	1.8400
S5 (1.3)	1.6750	0.0745	1.8400
S5 (1.4)	1.9143	0.0761	1.8400
S5 (1.5)	1.9931	0.0741	1.8400
S5 (2.1)	1.8472	0.1078	1.8400
S5 (2.2)	1.8472	0.1078	1.8400
S5 (2.3)	1.8472	0.1078	1.8400
S5 (2.4)	1.9143	0.0761	1.8400
S5 (2.5)	1.9143	0.0761	1.8400
S5 (3.1)	1.9931	0.0741	1.8400
S5 (3.2)	2.0909	0.0563	1.8400
S5 (3.3)	1.9143	0.0761	1.8400
S5 (3.4)	1.9931	0.0741	1.8400
S5 (3.5)	2.0909	0.0563	1.8400

Lampiran K. Hasil Aplikasi Model Kalibrasi PLS Pada Sampel Nyata



Predicted Y (C1, Factor-2)	Predicted	Deviation	Predicted Y (C1, Factor-2)	Predicted	Deviation
BUBUK KUNYIT	1.8493	2.2616	DESAKU (2)	2.5091	2.5965
BUBUK KUNYIT	1.8698	2.3001	DESAKU (3)	2.5027	2.5851
BUBUK KUNYIT	1.8679	2.2962	DESAKU (4)	2.4969	2.5729
BUBUK KUNYIT	1.8574	2.2796	DESAKU (5)	2.5080	2.6057
BUBUK KUNYIT	1.8406	2.2627	DESAKU (21)	3.7220	2.8682
BUBUK KUNYIT	1.2043	1.8102	DESAKU (22)	3.7079	2.8617
BUBUK KUNYIT	1.1952	1.7834	DESAKU (23)	3.7121	2.8911
BUBUK KUNYIT	1.1976	1.7871	DESAKU (24)	3.7112	2.8950
BUBUK KUNYIT	1.1857	1.7804	DESAKU (25)	3.6859	2.8658
BUBUK KUNYIT	1.2014	1.8005	DESAKU (26)	5.2693	2.3406
BUBUK KUNYIT	1.4354	2.9499	DESAKU (27)	5.2388	2.3228
BUBUK KUNYIT	1.4227	2.9410	DESAKU (28)	5.2654	2.3655
BUBUK KUNYIT	1.4341	2.9747	DESAKU (29)	5.2399	2.3295
BUBUK KUNYIT	1.4152	2.9458	DESAKU (30)	5.2863	2.3862
BUBUK KUNYIT	1.4025	2.9288	SEKUMI (1)	2.2602	2.3013
DESAKU (1)	2.4949	2.5428	SEKUMI (2)	2.2410	2.3092
DESAKU (2)	2.5091	2.5965	SEKUMI (3)	2.2329	2.2850
DESAKU (3)	2.5027	2.5851	SEKUMI (4)	2.2434	2.2958
DESAKU (4)	2.4969	2.5729	SEKUMI (5)	2.2314	2.2900
DESAKU (5)	2.5080	2.6057	SEKUMI (36)	3.5338	1.6009
DESAKU (21)	3.7220	2.8682	SEKUMI (37)	3.5012	1.5657
DESAKU (22)	3.7079	2.8617	SEKUMI (38)	3.5172	1.5908
DESAKU (23)	3.7121	2.8911	SEKUMI (39)	3.5005	1.5603
DESAKU (24)	3.7112	2.8950	SEKUMI (40)	3.4948	1.5509
DESAKU (25)	3.6859	2.8658	SEKUMI (41)	3.8236	3.5257
DESAKU (26)	5.2693	2.3406	SEKUMI (42)	3.8589	3.5479
DESAKU (27)	5.2388	2.3228	SEKUMI (43)	3.8705	3.5511
DESAKU (28)	5.2654	2.3655	SEKUMI (44)	3.8661	3.5717
DESAKU (29)	5.2399	2.3295	SEKUMI (45)	3.7595	3.5018
DESAKU (30)	5.2863	2.3862			

Lampiran L. Hasil Analisis Data dengan SPSS 22**L.1 Hasil Uji Normalitas untuk Persyaratan Uji One-Way ANOVA****Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
DATARAN_TINGGI	.328	4	.	.866	4	.281
DATARAN_SEDANG	.277	4	.	.824	4	.152
DATARAN_RENDAH	.162	4	.	.992	4	.966

a. Lilliefors Significance Correction

L.2 Hasil Uji *One-Way ANOVA* dan Uji Lanjutan *Post Hoc***ANOVA**

KANDUNGAN_FENOLIK_TOTAL

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	32.135	2	16.067	144.296	.000
Within Groups	1.002	9	.111		
Total	33.137	11			

Post Hoc Tests**Multiple Comparisons****Dependent Variable: KANDUNGAN_FENOLIK_TOTAL****Tukey HSD**

(I) WILAYAH	(J) WILAYAH	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval
					Lower Bound
DATARAN TINGGI	DATARAN SEDANG	.96750*	.23596	.007	.0619
	DATARAN RENDAH	2.88500*	.23596	.000	3.7906
DATARAN SEDANG	DATARAN TINGGI	.96750*	.23596	.007	1.8731
	DATARAN RENDAH	3.85250*	.23596	.000	4.7581
DATARAN RENDAH	DATARAN TINGGI	2.88500*	.23596	.000	1.9794
	DATARAN SEDANG	3.85250*	.23596	.000	2.9469

Multiple Comparisons

Dependent Variable: KANDUNGAN_FENOLIK_TOTAL

Tukey HSD

(I) WILAYAH	(J) WILAYAH	99% Confidence Interval
		Upper Bound
DATARAN TINGGI	DATARAN SEDANG	1.8731
	DATARAN RENDAH	1.9794
DATARAN SEDANG	DATARAN TINGGI	.0619
	DATARAN RENDAH	2.9469
DATARAN RENDAH	DATARAN TINGGI	3.7906
	DATARAN SEDANG	4.7581

*. The mean difference is significant at the 0.01 level.

Homogeneous Subsets**KANDUNGAN_FENOLIK_TOTAL**Tukey HSD^a

WILAYAH	N	Subset for alpha = 0.01		
		1	2	3
DATARAN SEDANG	4	1.9200		
DATARAN TINGGI	4		2.8875	
DATARAN RENDAH	4			5.7725
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

L.3 Hasil Paired-Samples T-Test**Paired Samples Statistics**

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 NIR_SN1	3.8267	3	1.37871	.79600
KOLORIMETRI_SN1	4.2700	3	.03464	.02000
Pair 2 NIR_SN2	1.5267	3	.35921	.20739
KOLORIMETRI_SN2	1.7467	3	.01528	.00882
Pair 3 NIR_SN3	3.1900	3	.83720	.48336
KOLORIMETRI_SN3	3.6067	3	.01528	.00882

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 NIR_SN1 & KOLORIMETRI_SN1	3	.900	.287
Pair 2 NIR_SN2 & KOLORIMETRI_SN2	3	.999	.123
Pair 3 NIR_SN3 & KOLORIMETRI_SN3	3	.622	.573

Paired Samples Test

		Paired Differences			
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference
					Lower
Pair 1	NIR_SN1 - KOLORIMETRI_SN1	.44333	1.40998	.81405	3.94591
Pair 2	NIR_SN2 - KOLORIMETRI_SN2	.22000	.34395	.19858	1.07441
Pair 3	NIR_SN3 - KOLORIMETRI_SN3	.41667	.84678	.48889	2.52018

Paired Samples Test

		Paired Differences	t	df	Sig. (2-tailed)
		95% Confidence Interval of the Difference			
		Upper			
Pair 1	NIR_SN1 - KOLORIMETRI_SN1	3.05924	.545	2	.641
Pair 2	NIR_SN2 - KOLORIMETRI_SN2	.63441	1.108	2	.383
Pair 3	NIR_SN3 - KOLORIMETRI_SN3	1.68685	.852	2	.484