KARAKTERISASI ASPEK AFEKTIF PERMUKAAN MENGGUNAKAN FITUR BERBASIS FOURIER TRANSFORM

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin



Disusun oleh:

Nama : Edi Setyawan Nugroho
No.Mahasiswa : 16525070
NIRM : 2016070535

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya ini benar-benar karya hasil kerja saya sendiri yang sepanjang sepengetahuan saya saya, tidak terdapat karya maupun tulisan orang lain kecuali kutipan yang secara tertulis saya jelaskan setiap sumbernya. Apabila kemudian hari pernyataan saya tidak benar dan melanggar hak kekayaan intelektual, saya sanggup menerima hukuman atau sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 10 Maret 2021

Penulis



Edi Setyawan Nugroho

Scanned with CamScanner

LEMBAR PENGESAHAN

KARAKTERISASI ASPEK AFEKTIF PERMUKAAN MENGGUNAKAN FITUR BERBASIS FOURIER TRANSFORM

TUGAS AKHIR

Disusun oleh:

Nama	:	**Edi Setyawan Nugroho**
No.Mahasiswa	:	**16525070**
NIRM	:	**2016070535**

Yogyakarta, 22 Februari 2021

Dosen Pembimbing



Mohammad Faizun, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 115250101

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

KARAKTERISASI ASPEK AFEKTIF PERMUKAAN MENGGUNAKAN FITUR BERBASIS FOURIER TRANSFORM

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama	:	**Edi Setyawan Nugroho**
No.Mahasiswa	:	**16525070**
NIRM	:	**2016070535**

Tim Penguji

Mohammad Faizun, S.T., M.Eng., Ph.D.
Ketua
Tanggal: 25 Februari 2021

Dr. Muhammad Khafidh, S.T., M.T.
Anggota 1
Tanggal: 25 Februari 2021

Purtojo, S.T., M.Sc.
Anggota 2
Tanggal: 25 Februari 2021

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Untuk Ibu, Bapak,
dan Adikku tercinta.

HALAMAN MOTTO

"Gott würfelt nicht mit dem Universum"
(Albert Einstein)

"Wer ein Warum hat, für das er leben kann, kann fast jedes Wie ertragen"
(Friedrich Nietzsche)

"Hidup yang tidak dipertaruhkan tidak akan pernah dimenangkan"
(Sutan Sjahrir)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena hanya dengan rahmat dan hidayah-Nya, Tugas Akhir ini dapat terselesaikan tanpa halangan berarti. Keberhasilan dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang mana dengan tulus dan ikhlas memberikan masukan guna sempurnanya Tugas Akhir ini. Oleh karena itu dalam kesempatan ini, dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Risdiyono, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Mohammad Faizun, S.T., M.Eng., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak bantuan, bimbingan, serta arahan dalam Tugas Akhir ini,
3. Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng. selaku dosen pembimbing akademis penulis,
4. Seluruh Dosen di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, yang tidak bisa disebutkan satu-satu, atas ilmu dan bimbingannya selama penulis berkuliah di Jurusan Teknik Mesin FTI UII,
5. Ibu dan Bapak yang selama ini telah sabar membimbing, mengarahkan, dan mendoakan penulis tanpa kenal lelah untuk selama-lamanya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna. Kritik dan saran dapat ditujukan langsung pada e-mail saya. Akhir kata penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila ada kekeliruan di dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 22 Februari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN **ii**

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI **iv**

HALAMAN PERSEMBAHAN **iv**

HALAMAN MOTTO **v**

KATA PENGANTAR **vi**

DAFTAR ISI **ix**

DAFTAR TABEL **x**

DAFTAR GAMBAR **xi**

DAFTAR NOTASI **xii**

Abstrak **xiii**

Abstract **xiv**

I LATAR BELAKANG **1**

1.1 Latar Belakang Masalah 1

1.2 Rumusan Masalah 1

1.3 Batasan Masalah 2

1.4 Tujuan Penelitian 2

1.5 Manfaat Penelitian 3

1.6 Sistematika Penulisan 3

II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI **5**

2.1 Tinjauan Pustaka 5

2.2 Landasan Teori 8

2.2.1 Permukaan dan Kekasaran 8

2.2.2 Sentuhan Afektif 9

2.2.3 Teori Duplex 9

2.2.4 Dimensionalitas Persepsi Sentuhan 10
2.2.5 *Psychophysics* 11
2.2.6 Pengolahan Citra Digital 11
2.2.7 *Fourier Transform* 13
2.2.8 *Machine Learning* 14
2.2.9 *Dimensionality Reduction* 16
2.2.10 *Multidimensional Scaling* 17
2.2.11 *Multiple Linear Regression* 18
2.2.12 *Multi-Output Logistic Regression* 19
2.2.13 Python 20
2.2.14 Kurva ROC-AUC 21

III PENGUMPULAN TERMINOLOGI AFEKSI 22
3.1 Rasional 22
3.2 Metodologi 23
3.2.1 Subjek 23
3.2.2 Sampel 23
3.2.3 Prosedur 25
3.2.4 Analisis Data 26
3.3 Hasil dan Pembahasan 27
3.3.1 Hasil 27
3.3.2 Pembahasan 29
3.4 Kesimpulan 29

IV PEMETAAN SPASIAL AFEKSI PADA SENTUHAN 31
4.1 Rasional 31
4.2 Metodologi 31
4.2.1 Subjek 31
4.2.2 Sampel 32
4.2.3 Prosedur 34
4.2.4 Analisis Data 35
4.3 Hasil dan Pembahasan 36
4.3.1 Hasil 36
4.3.2 Pembahasan 39
4.4 Kesimpulan 40

V PEMBUATAN MODEL MACHINE LEARNING KARAKTERISTIK AFEKSI **41**

5.1 Rasional 41
5.2 Metodologi 42
5.2.1 Subjek 42
5.2.2 Sampel 42
5.2.3 Prosedur 43
5.2.4 Analisis Data 44
5.3 Hasil dan Pembahasan 44
5.3.1 Hasil 44
5.3.2 Pembahasan 48
5.4 Kesimpulan 49

VI DISKUSI UMUM DAN KESIMPULAN **50**

6.1 Pembahasan 50
6.2 Kesimpulan 51
6.3 Saran 52

DAFTAR PUSTAKA **56**

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Bahan yang digunakan dalam eksperimen pengumpulan terminologi afeksi 24
Tabel 3.2 Daftar terminologi afeksi. 27

Tabel 4.1 Bahan yang digunakan dalam eksperimen pemetaan afeksi . . 32
Tabel 4.2 Matriks karakteristik afeksi setiap material. 36
Tabel 4.3 Matriks persamaan afeksi. 38
Tabel 4.4 Nilai R^2 setiap dimensi afeksi. 39

Tabel 5.1 Bahan yang digunakan dalam eksperimen pembuatan model machine learning 42
Tabel 5.2 Parameter dan Argumen dari model *Multi-Output Regression* 44
Tabel 5.3 Akurasi model *machine learning*. 46
Tabel 5.4 Hasil validasi model. 47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Citra digital 12
Gambar 2.2 Algoritma dalam *Machine Learning* 15
Gambar 2.3 (a) Dataset multidimensi yang diproyeksikan pada bidang tiga dimensi (b) Data yang sudah mengalami reduksi dimensi diproyeksikan pada bidang dua dimensi. 17
Gambar 2.4 scatter plot multidimensional scaling 18
Gambar 2.5 Fungsi logistik 20

Gambar 3.1 Grafik hubungan antara urutan rata-rata kemunculan dengan frekuensi rata-rata kemunculan terminologi afeksi 28

Gambar 4.1 Plotting material berdasarkan afeksinya pada bidang 2 dimensi. 37
Gambar 4.2 Peta spasial dengan vektor dimensi afeksi. 38

Gambar 5.1 Grafik perbandingan hasil MDS eksperimen dan hasil scan . . 45
Gambar 5.2 kurva ROC 47

DAFTAR NOTASI

$F(v)$	: Fungsi pada domain frekuensi.
$F(t)$	: Fungsi pada domain waktu.
i	: Bilangan imajiner.
t	: Waktu.
v	: Frekuensi.
ϕ	: phi.
e	: Eksponen.
β_0	: koefisien regresi.
x_n	: Variabel prediktor.
y	: Nilai prediksi regresi.
P	: *P-value*.
α	: Tingkat signifikansi.
d_{ij}	: Jarak total pada bidang dua dimensi.
x_{ik}	: Jarak pada arah sumbu x.
x_{jk}	: Jarak pada arah sumbu y.
$\sum_{k=0}^{m}$	: Jumlah dari data pertama sampai dengan m.
R^2	: Koefisien determinasi.

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengkarakterisasi dari aspek afektif pada sentuhan yang dihasilkan dari suatu permukaan material menggunakan fitur berbasis *Fourier transform*. Pada penelitian ini terdapat tiga tahapan eksperimen. Eksperimen pertama adalah melakukan pengumpulan terminologi afeksi pada sentuhan dalam bahasa Indonesia. Hasil menunjukkan bahwa terdapat dua jenis terminologi afeksi yaitu terkait dengan karakteristik fisik serta karakteristik emosi dari material tersebut. Pada eksperimen kedua adalah pemetaan afeksi sentuhan dari suatu permukaan pada bidang dua dimensi. Diketahui dari hasil eksperimen tersebut bahwa dimensi afeksi dingin-hangat dan keras-lembut tidak terlalu sesuai untuk diproyeksikan pada bidang dua dimensi. Diduga bahwa kedua dimensi afeksi ini akan optimal apabila diproyeksikan pada bidang tiga dimensi. Eksperimen ketiga adalah pembuatan model *machine learning* untuk mengetahui hubungan afeksi dengan fitur berbasis *Fourier transform*. Performa model diukur menggunakan nilai akurasi dan kurva ROC. Hasil pengujian performa menunjukkan bahwa model lemah dalam melakukan klasifikasi permukaan pada dimensi afeksi keras-lembut dan dingin-hangat.

Kata kunci : *Machine Learning*, *Multidimensional Scaling*, *Fourier transform*, Afeksi, *Affective Engineering*, *Psychophysics*.

Abstract

This study characterized affection aspect in touch that produced by the surface of a material with Fourier transform feature based. In this study there is three experiment. Experiment one investigated and collecting affection vocabularies in touch on Bahasa. The result indicated there are two type affection vocabularies in touch. There are affection vocabularies that show physical characteristic and emotional characteristic on the surface of material. Experiment two is projecting affection aspect in touch on two dimensional space. From the experiment two we know that hard-soft and cold-warm affection dimension not suitable to projected in two dimensional space. We hypothesized that these dimension suitable projected in three dimensional space or more. Experiment three is making machine learning model to identify relationship between affection aspect and Fourier transform feature based. Model performance evaluated with accuracy score and ROC curve. Results show model has low performance in classifying surface on hard-soft and cold-warm dimension.

Keywords : *Machine Learning, Multidimensional Scaling, Fourier transform, Affection, Affective Engineering*, *Psychophysics*.

BAB I

LATAR BELAKANG

1.1 Latar Belakang Masalah

Dewasa ini banyak produsen dari suatu produk yang mulai menjadikan hal-hal non-teknis seperti estetika, afeksi dan kenyamanan sebagai salah satu pertimbangan utama dari produk yang mereka buat. Hal ini dikarenakan pihak produsen sendiri ingin membuat suatu produk yang dapat menimbulkan ikatan emosional dengan penggunannya [1][2]. Salah satu aspek agar ikatan emosional antara produk dengan pengguna adalah dengan sentuhan.

Tekstur dari suatu permukaan produk mempunyai peran yang penting dalam terciptanya kesan emosional dari suatu produk melalui sentuhan. Ini dikarenakan tekstur merupakan suatu fitur penting yang digunakan manusia untuk memperoleh informasi melalui sentuhan. Dunia industri saat ini berusaha untuk membuat produk yang memiliki tekstur yang dapat menimbulkan kesan emosional pada pengguna seperti yang mereka inginkan.

Saat ini perancangan dan riset dari tekstur permukaan yang dapat menimbulkan kesan emosional tertentu pada manusia menggunakan metode *trial and error*. Hal ini tentunya sangat merugikan produsen mengingat hal ini akan memakan banyak waktu dan biaya. Ini memicu banyak penelitian terkait pendekatan saintifik untuk menentukan tekstur suatu permukaan yang dapat menimbulkan kesan emosional tertentu pada manusia. Salah satu alternatif yang ditawarkan oleh penulis adalah dengan mengidentifikasi karakteristik aspek afektif dari permukaan menggunakan fitur berbasis *Fourier transform*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apa saja aspek afektif dari sebuah permukaan?
2. Bagaimana hubungan yang ada antar dimensi afeksi?
3. Bagaimana aspek afektif dari suatu permukaan dapat direpresentasikan dengan fitur berbasis Fourier transform?

4. Bagaimana cara memodelkan hubungan antara aspek afektif dengan fitur berbasis *Fourier transform*?

1.3 Batasan Masalah

Berikut adalah batasan-batasan masalah pada setiap eksperimen dalam penelitian ini.

1. Terminologi yang diidentifikasi dan dianalisis adalah terminologi dalam bahasa Indonesia.
2. Analisis hubungan antar dimensi yang terjadi dilakukan dengan perbandingan vektor dimensi afeksi berhasil diidentifikasi dari eksperimen pengumpulan terminologi afeksi yang dilakukan pada penelitian ini.
3. Permukaan material yang diekstraksi fitur berbasis *Fourier trasnform* merupakan citra digital hasil *scan* dari material yang digunakan pada eksperimen pemetaan spasial afeksi pada sentuhan yang dilakukan pada penelitian ini.
4. Pembuatan model *machine learning* hanya sampai dengan program untuk melakukan klasifikasi dan prediksi afeksi permukaan material yang ditampilkan dalam bentuk biner.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui macam-macam aspek afektif yang ada pada suatu permukaan.
2. Mengetahui hubungan antar dimensi afeksi yang terjadi.
3. Mengetahui karakteristik aspek afektif dari suatu permukaan menggunakan fitur berbasis *Fourier transform.*
4. Mengetahui model hubungan antara aspek afektif dengan fitur berbasis *Fourier transform* yang tepat.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dari peneltian ini diharapkan untuk memberi pemahaman mengenai keterkaitan afeksi dengan permukaan suatu material.

2. Penelitian ini diharapakan dapat menambah wawasan yang mendalam mengenai dimensi afeksi permukaan beserta hubungan yang terjadi diantaranya.

3. Diharapkan dari penelitian memberi perspektif baru mengenai *affective engineering design*

4. Dari penelitian ini juga diharapkan pihak industri memperoleh manfaat seperti mengetahui karakteristik permukaan yang berpotensi untuk disukai/digemari konsumen serta diharapkan pihak industri memiliki acuan untuk merekayasa suatu permukaan agar produk yang dihasilkan dapat memiliki ikatan emosional dengan konsumen.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penelitian ini terdiri atas tiga eksperimen yang saling berkaitan. Ketiga eksperimen tersebut dijelaskan pada bab yang berbeda untuk setiap eksperimen. Hasil dari eksperimen pertama yang dijelaskan pada bab tiga yang merupakan terminologi afeksi digunakan sebagai basis pembuatan skala pada eksperimen kedua yaitu pemetaan spasial afeksi pada sentuhan yang dijelaskan pada bab empat. Sampel yang digunakan pada eksperimen kedua dilakukan proses *scan* untuk diekstraksi fitur *Fourier Transform* pada eksperimen ketiga. Selain itu hasil dari ekperimen kedua yaitu pemetaan spasial afeksi dari permukaan digunakan sebagai pembanding terhadap fitur *Fourier Transform* yang digunakan untuk menentukan afeksi melalui citra dengan cara dipetakan pada bidang dua dimensi secara langsung. Hasil survey dari eksperimen kedua juga digunakan untuk membuat data set latih dan data set uji untuk membuat model *Machine Learning* pada eksperimen ketiga.

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan latar belakang, rumusan masalah, batasan, tujuan, manfaat, keaslian penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Pada bab ini dijelaskan teori-teori dan penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan dan dasar dalam penelitian.

BAB III : PENGUMPULAN TERMINOLOGI AFEKSI

Pada bab ini dijelaskan mengenai tujuan dari eksperimen pengumpulan terminologi afeksi beserta dengan metodologi yang digunakan. Selain itu pada bab ini dijelaskan mengenai hasil dari eksperimen beserta pembahasan mengenai hasil yang ditemui.

BAB IV : PEMETAAN SPASIAL AFEKSI PADA SENTUHAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai tujuan dari pemetaan spasial afeksi pada sentuhan beserta dengan metodologi yang digunakan. Selain itu pada bab ini dijelaskan mengenai hasil dari eksperimen beserta pembahasan mengenai hasil yang ditemui.

BAB V : PEMBUATAN MODEL MACHINE LEARNING KARAKTERISTIK AFEKSI

Pada bab ini dijelaskan mengenai tujuan dari pembuatan model *machine learning* beserta dengan metodologi yang digunakan. Selain itu pada bab ini dijelaskan mengenai hasil dari eksperimen beserta pembahasan mengenai hasil yang ditemui.

BAB VI : DISKUSI UMUM DAN KESIMPULAN

Pada bab ini ditulis pembahasan umum dari seluruh eksperimen yang dilaksanakan pada penelitian ini serta kesimpulan akhir dari penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tahap awal yang harus dilewati sebelum suatu produk tercipta adalah tahap perancangan atau kita sering sebut dengan tahap desain. Dewasa ini para pelaku desain produk mulai kehilangan jatidirinya dengan tidak ditemuinya ciri khas dari setiap produk yang dibuatnya [3]. Hal ini dikarenakan para pelaku desain produk dituntut untuk sepenuhnya mengikuti keinginan industri yang mana hanya berorientasi pada aspek ekonomi saja. Tentu ini menimbulkan masalah karena manusia pada dasarnya hanya tertarik kepada hal-hal yang menurut mereka memberikan suatu makna dan arti tertentu. [4].

Disinilah aspek afeksi masuk menjadi pertimbangan pelaku desain produk untuk membuat suatu desain dari sebuah produk yang mempunyai keterikatan secara emosional dengan penggunannya. Hal ini sering disebut dengan paradigma *human centered design*, sebuah paradigma dimana proses desain dari suatu produk berfokus pada kebutuhan penggunannya baik dari segi fungsi dan emosi. Afeksi atau emosi dari suatu produk memang hanya akan tercapai apabila aspek ergonomi seperti *safety, functionality* dan *usability* sudah terpenuhi [5].

Setiap aspek afeksi memiliki dimensinya masing-masing. Salah satu pembuktian yang telah dilakukan oleh Yoshida. Dalam penelitiannya Yoshida mengidentifikasi dimensionalitas dari afeksi khususnya pada sentuhan menggunakan metode *Multidimensional Scaling*[6]. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa terdapat empat dimensi afeksi seperti kekerasan(*hardness*), kekasaran (*roughness*), kehangatan (*warmness*) dan kelembapan (*moistness*). Material-material dengan karakteristik dimensi yang sama dapat berkelompok pada suatu area tertentu. Sedangkan, material-material dengan dengan karakteristik yang berlawanan akan berkelompok pada area yang berlawanan arah. Ini membuktikan bahwa suatu material dapat dipetakan berdasarkan karakteristik afeksi yang dimilikinya.

Pemetaan spasial untuk mengelompokkan suatu material berdasarkan dimensi afeksi yang dimilikinya menarik untuk dipelajari. Ini dikarenakan kompleksitas dari dimensionaltias yang ditimbulkan oleh sentuhan sangat sulit untuk dimengerti [7]. Hal ini memicu banyak penelitian terkait dimensionalitas afeksi dari sentuhan

[6][8]. Salah satu pendekatan untuk menjawab mengenai persoalan ini adalah dengan pemetaan spasial menggunakan metode *multidimensional scaling*[9][10][11]. Penelitian mengenai pemetaan spasial yang dilakukan oleh Hollins dkk pada tahun 1993 [9] bertujuan untuk mengetahui tentang bagaimana hubungan antar dimensionalitas afeksi pada sentuhan. Pada penilitian tersebut diketahui bahwa dimensionalitas afeksi dapat dipetakan dalam bidang tiga dimensi. Selain diketahui hubungan yang kurang tepat antar dimensi afeksi yang ada. Hal ini ditunjukkan oleh hubungan antar vektor dimensi yang tidak sesuai dengan kondisi riil dari permukaan material yang dianalisis.

Afeksi atau emosi adalah suatu variabel sangat berbeda dari suatu daerah dengan daerah yang lain[12]. Hal ini dikarenakan budaya dan norma yang ada di suatu wilayah membentuk pola perilaku dan cara berpikir manusia yang tinggal di dalamnya. Sehingga manifestasi dari afeksi atau emosi oleh seseorang sangat dipengaruhi oleh dimana ia tinggal. Studi yang sudah ada mengatakan bahwa terminologi mengenai afeksi sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti sosial, budaya dan bahasa yang ada di suatu daerah[2]. Hal inilah yang membuat terminologi mengenai afeksi sangat beragam dan sulit untuk dianalisis.

Penelitian mengenai pengumpulan terminologi terkait dengan afeksi pada sentuhan sebelumnya sangat banyak dilakukan. Salah satunya yang telah dilakukan oleh Picard dkk, pada penelitian tersebut responden diminta untuk menyebutkan terminologi yang muncul dibenak mereka ketika menyentuh suatu bahan yang biasa mereka temui sehari-hari [11]. Studi mengenai pengumpulan terminologi terkait dengan afeksi pada sentuhan sangat perlu dilakukan karena adanya perbedaan yang cukup besar antara terminologi afeksi secara umum dengan teminologi afeksi khusus pada sentuhan [13]. Sampai sekarang teminologi afeksi masih belum diketahui secara pasti jumlahnya [13]. Dewasa ini studi terkait pengumpulan terminologi afeksi pada sentuhan dalam bahasa Indonesia masih sangat jarang dilakukan. Salah satu fokus dari penelitian ini adalah mengidentifikasi dan melakukan analisis terhadap terminologi afeksi pada sentuhan dalam bahasa indonesia.

Terdapat hubungan yang terjadi antar dimensi afeksi sentuhan. Hubungan yang dimaksud disini adalah kesan dari suatu afeksi dari sentuhan yang secara karakteristik hampir mirip. Contohnya seperti afeksi halus yang akan memiliki hubungan dengan licin, kedua afeksi ini timbul hampir secara bersamaan. Penelitian serupa dilakukan oleh Hollins dkk untuk mengetahui hubungan antar dimensi afeksi dengan cara mencari vektor dimensi afeksi. Dimensi suatu afeksi berhubungan dengan di-

mensi afeksi yang lain ditunjukkan dari vekor dimensi yang salin sejajar. Sedangkan dimensi afeksi tidak saling berhubungan ditunjukkan dengan vektor dimensi afeksi yang saling tegak lurus[9]. Hubungan antar dimensi afeksi yang kompleks ini juga menjadi fokus peneliti untuk mengerti mengenai dimensionalitas afeksi dan hubungan di antaranya.

Salah satu alternatif dalam menganalisis suatu tekstur permukaan dapat dilakukan menggunakan citra dari permukaan tersebut. Seperti halnya penelitian yang dilakukan Liu dkk, mereka menggunakan citra untuk melakukan analisis dan proses diskriminasi suatu permukaan berbasis fitur pada domain frekuensi[14]. Ini dikarenakan pada domain frekuensi tidak terlalu sensitif terhadap *noise* sehingga hasil pengukuran citra bisa dapat menjadi lebih mudah dan akurat. Selain itu, pengukuran citra suatu tekstur memiliki performa yang lebih baik bila diukur pada domain frekuensi. Pada penelitian tersebut digunakan 28 fitur untuk melakukan analisis dan proses diskriminasi dari tekstur. Pada penelitian ini juga dilakukan analisis afeksi yang timbul dari tekstur suatu permukaan berbasis fitur *Fourier transform*. Hal ini dikarenakan tentunya apabila citra suatu tekstur dapat diklasifikasikan berdasarkan fitur pada domain frekuensi, peneliti menduga ini juga relevan untuk mengklasifikasikan afeksi dari suatu tekstur berdasarkan fitur pada domain frekuensi.

Beberapa penelitian mengenai pemodelan untuk mengetahui hubungan dari citra dari suatu material dengan afeksi yang ditimbulkannya sebelumnya sudah pernah dilakukan[15] [16]. Penelitian yang sudah pernah dilakukan hanya menggunakan citra digital dari suatu permukaan material yang akan dianalisis aspek afeksinya dan dimasukkan kedalam algoritma CNN (*Convolutional Neural Network*). Hal ini tentunya memiliki kekurangan yaitu memerlukan jumlah data yang sangat banyak dan juga proses komputasi yang diperlukan sangatlah besar. Selain itu seperti pemaparan di atas jika kita melakukan analisis tersebut hanya menggunakan citra dari materialnya saja akan sangatlah rawan terhadap *noise* yang dapat menyebabkan kesalahan dari analisis yang kita lakukan. Hal ini dapat diatasi dengan menganalisis citra digital dari material yang dimaksud pada domain frekuensi menggunakan fitur berbasis *Fourier transform* untuk mengurangi *noise* serta meringankan beban komputasi yang diperlukan. Yang patut digaris bawahi dari penelitian sebelumnya adalah digunakan *neural network*. Hal ini menjadi perhatian yang cukup serius bagi peniliti dikarenakan algoritma terlalu acak dan kita tidak dapat mengetahui secara pasti model kita bekerja. Sehingga dalam penelitian ini membuat model *machine learning* untuk mengetahui hubungan antara aspek afeksi pada sentuhan dan fitur berbasis *Fourier*

transform menjadi salah satu fokus dari peneliti.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Permukaan dan Kekasaran

Seperti yang kita ketahui manusia memperoleh segala informasi baik secara sadar maupun tidak sadar dari alam melalui panca inderanya. Manusia dapat melihat benda dengan segala macam karakteristiknya melalui indera penglihatan. Manusia dapat mengetahui suatu informasi melalui indera pendengaran. Begitu pula dengan indera penciuman, perasa dan peraba (sentuhan). Untuk indera peraba sentuhan seringkali manusia melupakan atau abai dengan salah satu panca indera yang penting ini.

Sentuhan memang memiliki sifat hanya menguatkan kesan sehingga tidak dapat dikatakan sebagai panca indera primer untuk menghasilkan suatu kesan. Tapi dari sentuhan kita dapat mengetahui berbagai karakteristik dan kualitas dari suatu permukaan yang tidak didapatkan dari penglihatan seperti suhu, tekstur, kekasaran, kekerasan dll[17]. Dari berbagai karakteristik yang didapatkan dari sentuhan terhadap permukaan kekasaran menjadi karakteristik yang dominan dalam penilaian suatu permukaan.

Kekasaran sendiri dapat didefinisikan sebagai suatu karakteristik yang berkaitan dengan tekstur pada suatu permukaan. Dalam penilaian suatu permukaan kekasaran dapat menghasilkan berbagai macam persepsi mulai dari halus, kasar sampai dengan nyaman dan sakit. Hal inilah yang mendorong peneliti diberbagai belahan dunia berusahan meneliti tentang persepsi dari permukaan dengan menggunakan parameter kekasaran sebagai acuan penelitiannya. Tetapi nilai kekasaran permukaan tidak semata-mata memiliki hubungan linear dengan persepsi yang dihasilkan. Ini disebabkan adanya nilai kekasaran persepsi atau *perceived roughness*. Nilai kekasaran aktual tidak dapat langsung digunakan untuk menginterpretasi suatu persepsi apabila dalam konteks sentuhan langsung (kulit manusia dengan permukaan) [7].

2.2.2 Sentuhan Afektif

Secara umum sentuhan dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu sentuhan afektif dan sentuhan sentuhan diskriminatif [18]. Sentuhan afektif dapat diartikan sebagai respon emosional yang dihasilkan oleh suatu stimulus sentuhan. Emosi yang dalam konteks ini secara spesifik dijelaskan sebagai perasaan senang atau nyaman yang dihasilkan oleh kontak dengan stimulus. Untuk sentuhan diskirimatif sendiri dapat dipahami sebagai suatu persepsi yang timbul yang dikarenakan suatu aspek fisik terukur dari suatu permukaan.

Kedua jenis sentuhan yang dijelaskan di atas tergenerasi oleh jaringan syaraf yang cukup berbeda, terutama jenis reseptor yang menghasilkan persepsi untuk kedua jenis sentuhan. Sentuhan diskrimantif timbul karena manusia menangkap persepsi dari aspek fisik suatu permukaan oleh low threshold mechanoreceptor (LTMs) yaitu suatu reseptor yang dapat menangkap dan meneruskan stimulus berupa gaya-gaya mekanik pada kulit [19]. Sentuhan afektif menangkap respon emosional dari CT afferents. CT afferents memiliki karakteristik yaitu merespon stimulus dengan gaya yang rendah dan memiliki kecepatan yang rendah[19].

CT afferents hanya ada di kulit tubuh mamalia yang memiliki rambut saja[20]. Dari sini dapat diketahui bahwa terdapat bagian tubuh yang peka dan tidak peka terhadap stimulus yang menghasilkan sentuhan afektif. Menurut penelitian yang dilaksanakan oleh Loken Lines S dkk ditemukan bahwa adanya perbedaan dari penilaian suatu afeksi rasa nyaman pada telapak tangan (bagian tubuh tidak berambut) dan lengan (bagian tubuh berambut) seseorang terhadap suatu stimulus yang divariasikan kecepatannya [21]. Dari percobaan ini juga diketahui bahwa persepsi rasa nyaman yang timbul pada kulit yang tidak berbulu timbul karena adanya stimulus yang sebelumnya diberikan pada kulit yang berbulu tetapi tidak sebaliknya.

2.2.3 Teori Duplex

Teori duplex dalam sentuhan adalah ketika suatu permukaan disentuh dengan sangat pelan maka karakteristik dari permukaan tidak dapat dirasakan[22]. Hal ini disebabkan karena kemampuan spasial dari kulit tidak dapat lagi merasakan kekasaran permukaan. Selain itu getaran yang dibutuhkan untuk mengenali permukaan yang halus tidak dapat tergenerasi karena gaya gesek yang ditimbulkan sangatlah kecil. Dari teori duplex tersebut diketahui bahwa kemampuan spasial dan kemampuan mendeteksi getaran merupakan komponen penting dalam proses pembentukan persepsi dari

suatu sentuhan. Dimana kemampuan spasial digunakan untuk mendeteksi permukaan yang kasar sedangkan kemampuan mendeteksi getaran digunakan untuk mendeteksi permukaan yang lebih halus.

Berdasarkan teori duplex maka ketika proses sentuhan tidak melibatkan gerakan lateral atau sentuhan statis maka impresi yang ditimbulkan oleh stimulus (permukaan) hanya terbatas pada persepsi kekerasan atau kelembutan. Persepsi akan kekasaran dan kehalusan tidak akan timbul karena syarat dari masing-masing persepsi untuk muncul tidak terpenuhi. Hal ini telah dibuktikan oleh Mark Hollins dan SR Risner yang menyatakan bahwa gerakan lateral berpengaruh pada pembentukan persepsi dari kekasaran dan kehalusan [23]. Dari pembuktian ini juga diketahui bahwa persepsi kekasaran dipengaruhi karakteristik geometri pada permukaan, sedangkan persepsi kehalusan dipengaruhi oleh getaran yang dihasilkan oleh kontak antara gerakan tangan dengan stimulus (permukaan).

Gerakan lateral memang berpengaruh pada pembentukan persepsi akan kekasaran tapi tidak terlalu signifikan. Tidak diketahui adanya hubungan yang linier antara gerakan linier dengan pembentukan persepsi kekasaran. Tidak terbukti bahwa gerakan lateral dapat meningkatkan persepsi kekasaran secara signifikan[24]. Sehingga dapat dengan kata lain informasi dari sentuhan statis sudah cukup untuk membentuk persepsi tentang kekasaran.

2.2.4 Dimensionalitas Persepsi Sentuhan

Persepsi sentuhan sendiri dapat didefinisikan sebagai kesan yang timbul ketika proses kontak sentuhan terjadi dengan suatu permukaan [8]. Persepsi sentuhan sendiri ketika timbul terdapat dua lapisan yang muncul hampir secara bersamaan yaitu lapisan afektif dan lapisan psikofisik. Lapisan *psychophysics* persepsi yang timbul dikarenakan sifat fisik material sedangkan lapisan afektif timbul karena hasil proses mental yang dihasilkan ketika bagian tubuh manusia mengalami sentuhan dengan suatu material [8].

Dimensionalitas persepsi sentuhan sendiri erat kaitannya dengan pembentukan kumpulan terminologi tertentu. Setiap lapisan dalam pembentukan persepsi terdiri atas terminologi-terminologi khusus yang digunakan untuk mendeksripsikan kesan yang dihasilkan. Berdasarkan terminologi yang digunakan dalam deskripsi sensasi lapisan-lapisan dalam proses pembentukan persepsi menjadi sensasi dan emosi [13]. Lapisan psikofisik dapat dideskripsikan dengan terminologi-terminologi sensasi se-

perti kasar, halus, licin, lengket dll. Sedangkan untuk lapisan afeksi dapat dideskripsikan dengan terminologi emosi seperti nyaman, sakit, senang, menenangkan, membosankan dll.

Terminologi sensasi dan emosi memiliki keterkaitan. Keduanya dapat dianalisis atau dipetakan dengan metode yang sama. Sehingga tidak jarang ditemui antara terminologi sensasi dan emosi terdapat pada lokasi yang sama atau berdekatan pada peta semantik [13].

2.2.5 *Psychophysics*

Psychophysics adalah suatu metode pengukuran yang digunakan untuk mengukur fenomena penginderaan secara kuantitatif. Metode ini pertama kali dicetuskan oleh Gustav Theodor Fechner seorang ilmuwan fisika berkebangsaan jerman. *Psychophysics* dicetuskan oleh Fechner karena menurutnya sensasi yang timbul di pikiran manusia tidak dapat diukur menggunakan besaran fisik yang ada. Hal ini dapat ditemui ketika seseorang memegang benda dan mengukur benda itu berat atau tidak itu berdasarkan sensasi yang orang itu rasakan. Sehingga penilaian antara orang yang satu dengan yang lain akan berbeda. Berbeda ketika kita mengukur berat benda tersebut menggunakan besaran fisik yang ada maka kita akan mendapatkan suatu nilai yang pasti. Menurut Fechner sendiri hal itu disebabkan oleh adanya pergeseran skala pengukuran ketika kita mengukur sensasi yang timbul dalam pikiran manusia dengan besaran fisik yang ada.

Seiring dengan perkembangan jaman dan ilmu pengetahuan *Psychophysics* tidak hanya menjadi metode melainkan juga bidang riset yang berdiri sendiri. Secara umum terdapat dua metode pengukuran utama dalam *Psychophysics* yaitu skema dikotomi dan klasifikasi [25]. Skema dikotomi yaitu pengukuran dengan meminta subjek untuk mencari perbedaan dari spesimen yang diujikan. Sedangkan skema klasifikasi yaitu metode pengukuran dengan meminta subjek untuk mencari persamaan dan mengelompokkan spesimen yang diujikan.

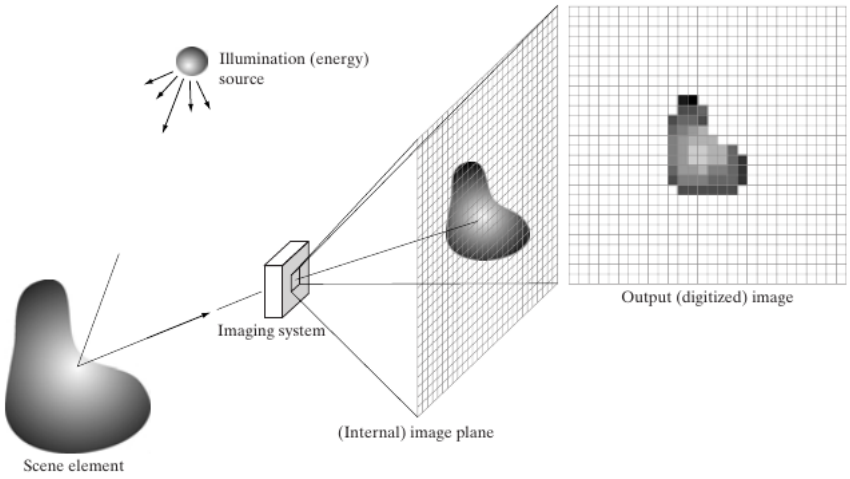
2.2.6 Pengolahan Citra Digital

Citra atau *image* dalam pengolahan citra sendiri dapat didefinisikan sebagai gambar yang merupakan representasi dari sesuatu. Citra digital sangat mudah ditemui dalam kehidupan kita sehari-hari. Salah satu contoh dari citra digital yang mudah dijumpai adalah citra yang sering kita lihat di gawai yang kita miliki. Pada umum-

nya citra digital membawa suatu informasi yang dikenali baik untuk manusia maupun mesin. Seperti yang kita ketahui bahwa proses penerimaan segala informasi manusia dan mesin sangatlah berbeda. Tidak terkecuali dengan informasi citra digital. Hal inilah yang mendorong pemrosesan citra digital perlu untuk dilakukan.

Pada umumnya pemrosesan citra memiliki dua tujuan utama yaitu meningkatkan informasi piktorial untuk mempermudah diinterpretasi manusia dan membuat citra dapat dikenali oleh mesin [26]. Secara prosedur untuk mencapai keduanya secara bersamaan sangatlah sulit. Hal ini dikarenakan ketika citra memiliki informasi piktorial yang sangat banyak mesin akan sangat sulit mengenali dari citra. Seperti yang kita ketahui karena mesin atau dalam hal ini komputer hanya memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi bilangan biner saja. Sehingga informasi-informasi yang dibutuhkan mesin dari citra adalah yang cenderung sangat sederhana dan sangat sulit untuk dikenali manusia.

Dalam konteks pengolahan citra menggunakan komputer kita dapat memandang citra sebagai sebuah matriks dua dimensi. Yang mana nilai dari matriks tersebut merepresentasikan tingkat kecerahannya. Dengan kata lain kita dapat mengatakan bahwa dalam citra digital apabila terang itu dapat direpresentasikan dengan nilai 255 dan gelap dengan nilai 0. Kita dapat membayangkan bahwa apa yang dimaksud sebagai citra yang dikenali oleh komputer tidak lebih dari hanya sebuah sekumpulan angka saja atau dapat disebut sebagai *array*.



Gambar 2.1: Citra digital
[27]

Yang menjadi perhatian dalam pemrosesan citra adalah paradigma untuk memandang citra sebagai sebuah fungsi yang dapat direpresentasikan dengan variabel x dan y. Dimana kedua variabel ini menunjukkan lokasi nilai dari fungsi atau citra. Paradigma ini menganggap citra merepresentasikan gelap dan terang menjadi nilai 1 dan 0. Sedangkan tingkat kecerahan yang diantara gelap dan terap dapat direpresentasikan menjadi sebuah bilangan real diantara rentang nilai 1 dan 0. Paradigma ini sangat berguna apabila digunakan untuk implementasi pemrosesan citra. Visualisasi dari citra dengan paradigma ini bukanlah seperti yang biasa kita lihat melainkan sebagai sebuah grafik fungsi dengan dua variabel seperti gambar 2.2 .

2.2.7 *Fourier Transform*

Banyak sekali permasalahan pada bidang fisika berkaitan dengan gelombang dan getaran. Mulai dari teori akustika sampai dengan mekanika fluida menganut prinsip dasar dari getaran dan gelombang. Pada proses pengamatan dari fenomena alam di ilmu sains memiliki kesamaan yaitu pengamatan pada domain waktu. Hal ini dapat dilihat dari data hasil pengamatan pastilah berupa grafik dengan perbandingan nilai hasil pengamatan dengan waktu. Sehingga tidak berlebihan apabila hampir seluruh hasil pengamatan fenomena alam dalam fisika berbentuk fungsi terhadap waktu F(t).

Seringkali data hasil pengamatan berupa fungsi terhadap waktu F(t) sangatlah kompleks untuk dianalisis secara langsung. Hal ini menyebabkan diperlukan suatu metode pendekatan untuk analisis data hasil pengamatan berupa fungsi terhadap waktu ini agar lebih mudah dan akurat. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah transformasi fourier. Transformasi Fourier sendiri adalah suatu metode yang digunakan untuk mentrasnformasikan suatu persamaan dari domain waktu ke domain frekuensi [28].

$$F(v) = \int_{-\infty}^{\infty} F(t) e^{-2\phi ivt} dt \tag{2.1}$$

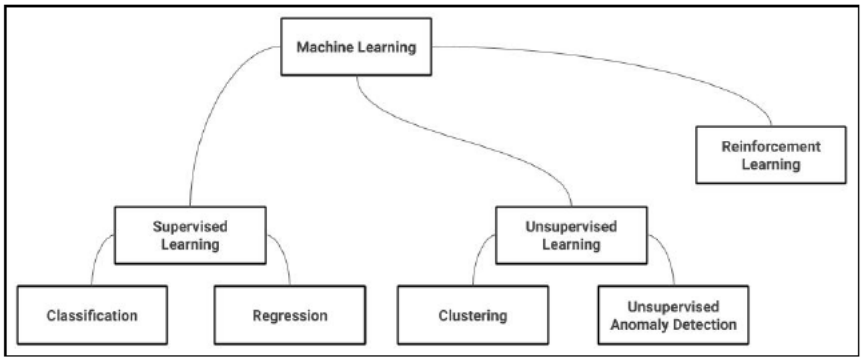
Setelah mengalami proses transformasi fourier, data diubah menjadi spektrum untuk diidentifikasi karakteristik atau fitur yang terdapat didalamnya. Banyak sekali pendekatan untuk mengidentifikasi spektrum dari fourier yang dapat digunakan untuk dapat diketahui fitur-fitur tertentu. Fitur-fitur seperti lokasi, ukuran, dan orientasi dari puncak frekuensi spasial spektrum fourier dapat digunakan untuk mengidentifikasi tekstur [14].

2.2.8 *Machine Learning*

Machine Learning adalah suatu paradigma pemrograman yang cukup baru dan berbeda dari paradigma pemrograman konvensional (*Instuction List*). Pada paradigma pemrograman konvensional seorang engineer/programmer selaku pembuat program menuliskan serangkaian perintah untuk menghasilkan suatu output dari suatu input tertentu. Lain halnya dengan *Machine Learning* yang mencari suatu pola tertentu yang terbentuk dari hubungan antara input dan output dengan suatu algoritma tertentu.

Masing-masing paradigma memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri. Untuk paradigma pemrograman konvensional karena harus menulis instruksi yang benar-benar spesifik membuat tingkat fleksibilitasnya yang rendah tetapi secara performa mungkin paradigma ini memang sangat cepat tidak membutuhkan banyak *resource*. Sedangkan untuk paradigma *Machine Learning* karena prinsip kerja yang mencari pola yang dihasilkan dari input dan output tertentu maka paradigma ini membutuhkan jumlah data yang sangat banyak untuk memperoleh tingkat akurasi yang memuaskan dan membutuhkan *resource* yang cukup besar‘. Karena paradigma *Machine Learning* tidak dituliskan dengan urutan perintah yang spesifik maka paradigma ini lebih fleksibel dalam mengahadapi suatu kasus tertentu.

Dalam *Machine Learning* terdapat beberapa algoritma khusus yaitu *Supervised Learning, Unsupervised Learning* dan *Reinforced Learning*. Masing-masing algoritma digunakan untuk masing-masing kasus tertentu. Algoritma *Supervised Learning* digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah terkait prediksi(*regression problem*) dan klasifikasi(*classification problem*). *Unsupervised Learning* digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah terkait dengan klasifikasi(*classification problem*) dan deteksi anomali(*unsupervised anomaly detection*). Sedangkan algoritma *Reinforcement Learning* digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang tidak dapat ditangani oleh algoritma *Supervised Learning* dan *Unsupervised Learning*.



Gambar 2.2: Algoritma dalam *Machine Learning*
[29]

2.2.8.1 *Supervised Learning*

Supervised learning adalah suatu algoritma yang digunakan untuk mencari korelasi atau hubungan antara suatu variabel input dengan variabel output yang sebelumnya sudah diketahui[30]. *Supervised Learning* pada umumnya digunakan untuk menyelesaikan permasalahan terkait dengan regresi dan klasifikasi. Ini mengingat dari mekanisme algoritma *Supervised Learning* sendiri yang membutuhkan data output untuk proses pembelajaran (*training*).

2.2.8.2 *Unsupervised Learning*

Lain halnya dengan *Supervised Learning*, *Unsupervised Learning* adalah suatu algoritma yang digunakan untuk mengatahui pola dari suatu data tanpa menggunakan data variabel output. Ada beberapa jenis model *Unsupervised Learning* seperti *Clustering, Dimensionality Reduction* dan *Anomaly Reduction*.

2.2.8.3 *Reinforcement Learning*

Reinforcement Learning adalah suatu algoritma yang digunakan untuk menganalisis data berdasarkan respon dari perilaku agen terhadap lingkungannya. Pada algoritma ini agent diminta untuk bergerak menuju tujuan tanpa adanya supervisi menuju tujuan. Setiap menyelesaikan satu rute agen akan menerima *reward* (+1) dan *punishment* (-1). Setiap rute yang ditempuh agen akan dievaluasi dan dipilih rute mana yang mendapatkan hasil yang paling sesuai dengan yang dikehendaki.

2.2.9 *Dimensionality Reduction*

Pada era big data seperti ini jumlah data yang dapat kita terima sangatlah besar dari segi kuantitas. Sehingga seringkali kita dapat menemukan data dengan dimensionalitas yang sangat besar atau dapat disebut dengan multidimensional data. Banyak dimensi pada suatu dataset menyebabkan meningkatnya tingkat kompleksitasnya ketika langsung dianalisis. Hal ini memicu dicarinya suatu metode untuk menguarangi dimensionalitas dataset tetapi juga mempertimbangkan validitas data sebelum dimensinya diubah. Metode untuk mengurangi dimensionalitas dataset sering kali disebut dengan *Dimensionality Reduction*. Dalam *Dimensionality Reduction* secara umum terdapat dua klasifikasi metode yang digunakan yaitu *Linear Dimensionality Reduction* dan *Non Linear Dimensionality Reduction*.

2.2.9.1 *Linear Dimensionality Reduction*

Linear Dimensionality Reduction adalah suatu metode untuk mereduksi dimensi dari dataset dengan cara memproyeksikan data pada sub bidang linear dengan dimensi yang lebih rendah [31]. Ada berbagai metode dari *Linear Dimensionality Reduction* yang dapat digunakan untuk mengurangi dimensi dari data. Berikut adalah beberapa metode dari *Linear Dimensionality Reduction*.

a. PCA (*Principal Component Analysis*)

b. FA (*Factor Analysis*)

c. LDA (*Linear Discriminant Analysis*)

2.2.9.2 *Non Linear Dimensionality Reduction*

Non Linear Dimensionality Reduction adalah metode pengurangan dimensi yang digunakan ketika data tidak dapat diproyeksikan pada sub bidang linear. Bisa dibayangkan dataset dengan kasus dimensi non linear sebagai suatu kertas yang dilipat berbentuk secara spiral. Sehingga permasalahan dataset dengan dimensi non linear sebagai *manifold*. Berikut adalah metode yang umum dipakai dalam kasus *Non Linear Dimensionality Reduction*.

a. *Multi-dimensional scaling* (MDS)

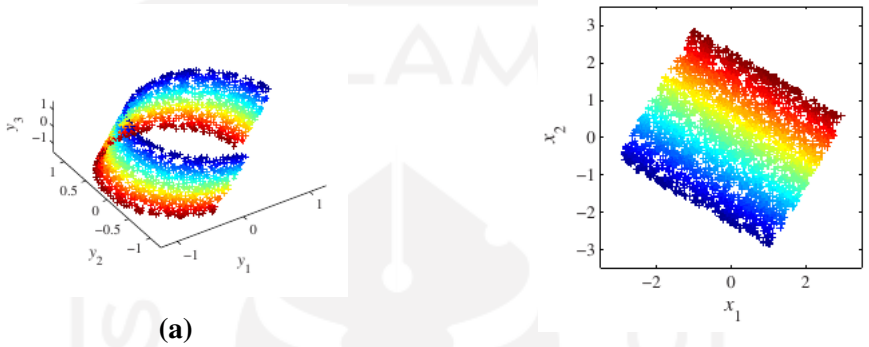
b. *Isometric Feature Mapping*

c. *Locally Linear Embedding*

d. *Hessian Eigenmapping*

e. *Spectral Embedding*

f. *t-distributed Stochastic Neighbor Embedding* (t-SNE)



Gambar 2.3: (a) Dataset multidimensi yang diproyeksikan pada bidang tiga dimensi (b) Data yang sudah mengalami reduksi dimensi diproyeksikan pada bidang dua dimensi.

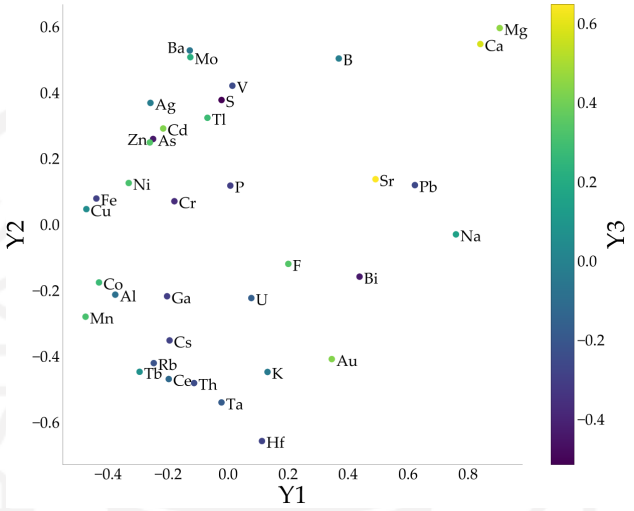
[32]

2.2.10 *Multidimensional Scaling*

Multidimensional scaling adalah salah satu teknik dalam statistika yang digunakan untuk merepresentasikan hubungan empiris suatu data menjadi koordinat dalam bidang geometri [33]. Multidimensional scaling digunakan untuk mereduksi suatu data hasil pengamatan yang memiliki dimensi yang sangat banyak menjadi beberapa dimensi saja, pada umumnya data direduksi menjadi 2 dimensi atau lebih. Multidimensional scaling memvisualisasikan data hasil reduksi dalam bentuk pemetaan spasial sehingga mudah untuk dimengerti. Hal ini juga yang membuat multidimensional scaling banyak digunakan untuk pengolahan big data.

Multidimensional scaling sering diaplikasikan untuk meneliti berbagai macam masalah pada bidang psikologi dan pendidikan. Prinsip dasar dari mutli dimensional scaling adalah mengukur jarak antar variabel yang ada. Ada banyak sekali metode pengukuran jarak antar variabel tetapi metode yang banyak dipakai adalah metode

jarak euclidean. Jarak dalam multidimensional scaling direpresentasikan menggunakan matriks jarak. Matriks jarak dapat diinterpretasikan sebagai seberapa mirip suatu variabel dengan variabel lain. Apabila suatu variabel memiliki kemiripan dengan variabel lain maka semakin rendah nilai dari matriksnya.



Gambar 2.4: scatter plot multidimensional scaling [33]

2.2.11 *Multiple Linear Regression*

Multiple linear regression adalah suatu metode analisis untuk melakukan prediksi dengan menggunakan lebih dari satu variabel prediktor [34]. Sehingga dapat dikatakan bahwa *Multiple linear regression* adalah *Simple linear regression*. Hal ini mengingat bahwa *Simple linear regression* melakukan prediksi menggunakan hanya satu variabel prediktor saja. Dikarenakan *Multiple linear regression* dapat melakukan analsis prediksi menggunakan lebih dari satu variabel prediktor maka metode ini sangat baik untuk digunakan untuk menangani kasus-kasus *multivariate*. Secara matematis *Multiple linear regression* dapat dituliskan dengan bentuk seperti di bawah ini:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 i + \beta_2 x_2 i + ... + \beta_p x_p i + e_i \tag{2.2}$$

Dari persamaan 2.2 dapat diketahui bahwa hasil prediksi dari suatu data set dapat diketahui dengan prediktor lebih dari satu. Dapat dilihat dari persamaan di atas bahwa β meruapakan parameter dari persamaan *Multiple linear regression*. Nilai da-

ri parameter ini sifatnya adalah tetap sedangkan variabel x adalah variabel prediktor dari data set yang dianalisis. Nilai x berubah sesuai dengan indeks data yang ditunjuk. Sedangkan e merupakan nilai error, yang mana adalah selisih dari hasil prediksi dengan nilai aktual.

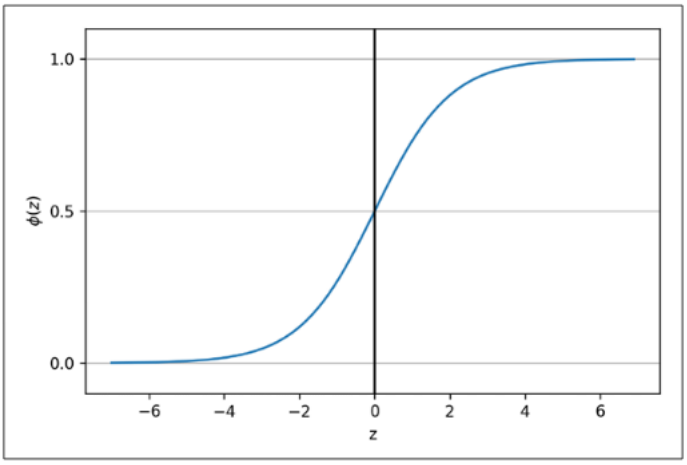
2.2.12 *Multi-Output Logistic Regression*

Logistic Regression adalah suatu metode analisis yang digunakan untuk melakukan klasifikasi data secara biner (1,0). Ide utama dari *Logistic Regression* adalah memasukkan fungsi logistik yang merupakan fungsi sigmoid kedalam model linear untuk mendapatkan nilai probabilitas dari *class* yang diinginkan, untuk ilustrasi dari fungsi yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 2.5. Sehingga jika nilai probabilitas yang didapatkan dari prediksi lebih besar dari nilai batas yang sudah ditentukan maka *class* akan diklasifikasikan ke label 1 dan apabila nilai dari porbabilitas labih kecil daripada nilai batas yang ditentukan maka *class* akan diklasifikasikan ke label 0. Persamaan 2.3 merupakan persamaan *Logistic regression*. Dimana y adalah nilai prediksi, β adalah koefisien regresi dan x adalah variabel input.

$$y = \frac{1}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + ... + \beta_p x_p)}} \tag{2.3}$$

Untuk *Multi-Ouput Logistic Regression* merupakan pengembangan dari *Logistic Regression* dimana output yang diprediksi memiliki lebih dari satu output. Prinsip kerja dari *Multi-Ouput Logistic Regression* menggunakan mengambil dasar dari *Multiple Regression*. Secara matematis *Multiple Logistic Regression* pada persamaan 2.4. Dimana $\mathbf{y}$ merupakan vektor dengan ukuran $1x8$ yang berisi probabilitas kemunculan masing-masing *class*. *Class* dalam konteks penelitian ini adalah afeksi dari permukaan material dari eksperimen ini. Sedangkan x adalah nilai dari fitur *Fourier Transform* yang diekstraksi dari citra dari material eksperimen yang dilakukan proses *scan*.

$$\mathbf{y} = \frac{1}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + ... + \beta_p x_p)}} \tag{2.4}$$



Gambar 2.5: Fungsi logistik
[35]

2.2.13 Python

Python adalah sebuah bahasa pemrograman komputer berbasis interpreter. Python banyak dimanfaatkan diberbagai bidang. Mulai dari bidang *web programming*, aplikasi desktop, *backend programming* sampai dengan komputasi saintifik dan *machine learning*. Python memiliki keunggulan yaitu syntax yang sederhana dan mudah dimengerti. Sehingga orang awam yang sebelumnya melakukan pemrograman komputer sangat disarankan menggunakan python untuk belajar karena mudah untuk dimengerti dan diaplikasikan.

Keunggulan lain dari python adalah python memiliki fleksibilitas untuk menggunakan *package* yang dapat memudahkan pengguna. Ini menjadi daya tarik utama untuk pengguna menggunakan python karena mereka tidak perlu menulis kode benar-benar dari nol. Mereka hanya perlu memanggil fungsi yang diinginkan dari *package* yang bersangkutan.

Semua kemudahan yang datang bersama python tidak datang tanpa kekurangan. Python memiliki kekurangan yaitu waktu untuk mengeksekusi program yang relatif lebih lama dibandingkan bahasa pemrograman dengan basis compiler. Hal ini dikarenakan python berbasis interpreter sehingga dalam proses eksekusi program berlangsung secara baris per baris. Jadi dikembalikan lagi kepada kebutuhan dari si pengguna. Apabila pengguna membutuhkan performa yang cepat tidak disarankan menggunakan python tetapi apabila pengguna akan melakukan analisis yang kompleks sangat disarankan menggunakan python 3.7.8.

2.2.14 Kurva ROC-AUC

Kurva ROC (*Receiver Operating Characteristics*) adalah suatu alat ukur pengukuran performa suatu model yang menangani masalah klasifikasi. Performa yang dimaksud adalah nilai batas atau *threshold* yang digunakan pada model untuk melakukan klasifikasi. Hal ini mengingat apabila nilai *threshold* tidak tepat imbasnya klasifikasi yang dilakukan juga menjadi tidak tepat.

Nilai AUC (*Area Under Curve*) adalah suatu nilai yang digunakan untuk menyatakan seberapa baik model untuk melaukan klasifikasi. Nilai AUC berada pada rentang 0 sampai dengan 1. Semakin nilai AUC mendekati 1 maka model memiliki kemampuan klasifikasi yang baik.

BAB III

PENGUMPULAN TERMINOLOGI AFEKSI

3.1 Rasional

Terminologi mengenai afeksi pada sentuhan sangatlah beragam. Hal ini dikarenakan berbagai faktor seperti kebudayaan, bahasa, dan kondisi sosial dari suatu daerah. Faktor-faktor tersebut sangatlah berpengaruh pada kemampuan seseorang dalam memahami suatu konsep, tak terkecuali dengan konsep mengenai afeksi. Konsep afeksi yang dimaksud adalah kesan yang ditimbulkan dari suatu pengalaman yang dialami seseorang. Sehingga afeksi pada sentuhan adalah kesan yang timbul ketika proses sentuhan terjadi.

Terminologi afeksi pada sentuhan sendiri dapat dipahami sebagai istilah atau kosa kata yang menggambarkan kesan yang timbul ketika proses sentuhan terjadi. Sangat dimengerti bahwa terminologi ini di suatu daerah akan berbeda dengan daerah yang lain meskipun konsep yang dimaksud sama. Penggunaan bahasa yang berbeda-beda pada setiap daerah menjadi salah satu penyebab utama hal ini terjadi. Referensi mengenai terminologi afeksi pada sentuhan yang sudah ada merupakan terminologi dalam bahasa Inggris. Sehingga ini diduga akan kurang relevan apabila digunakan untuk analsis tekait dengan afeksi di negara lain yang mana bahasa Inggris bukan merupakan bahasa utamanya.

Indonesia yang merupakan negara dengan budaya dan bahasa yang sangat beragam tentunya menyebabkan warganya mempunyai cara sendiri dalam mengungkapkan suatu afeksi khususnya pada sentuhan. Sehingga perlu dilakukan pengumpulan terminologi mengenai afeksi pada sentuhan dalam bahasa Indonesia. Hal ini dilakukan untuk mengetahui secara spesifik apa terminologi yang digunakan untuk menyampaikan afeksi yang timbul dari suatu sentuhan dalam bahasa Indonesia.

Proses penyampaian konsep mengenai afeksi menggunakan terminologi tertentu sangatlah erat kaitannya dengan kemampuan semantik dari orang yang menyampaikan konsep tersebut. Kemampuan semantik adalah kemampuan untuk memahami makna dari suatu kata. Diketahui bahwa jenis kelamin mempengaruhi persepsi akan sentuhan yang dirasakan[36]. Sehingga diduga bahwa jenis kelamin mempengaruhi kemampuan semantik untuk menyampaikan afeksi yang timbul dari sentuhan dalam bahasa Indonesia. Hal ini menjadi salah satu fokus dari eksperimen ini yang

mana untuk mengetahui apakah jenis kelamin berpengaruh pada kemampuan semantik untuk menyampaikan suatu afeksi ditunjukkan dengan jumlah dari terminologi yang disampaikan. Selain itu eksperimen ini dilakukan juga untuk mengetahui apakah adanya hubungan antara frekuensi kemunculan rata-rata dan urutan kemunculan rata-rata dari suatu terminologi afeksi.

3.2 Metodologi

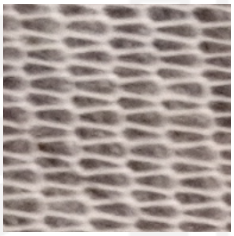
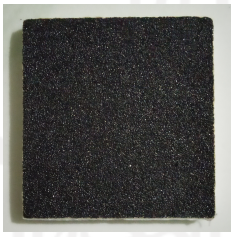
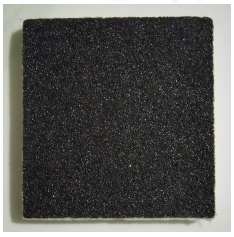
3.2.1 Subjek

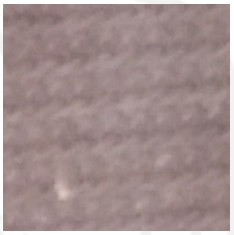
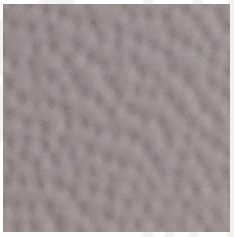
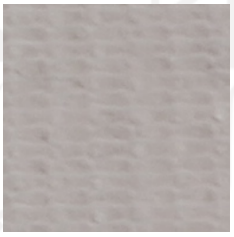
Subjek eksperimen ini terdiri atas 24 (13 perempuan dan 11 laki-laki) warga negara Indonesia dengan rentang umur 20 sampai dengan 25 tahun. Semua subjek bersifat naif. Naif yang dimaksud adalah semua subjek belum pernah mengetahui atau berpartisipasi pada eksperimen serupa sebelumnya.

3.2.2 Sampel

Pada eksperimen ini digunakan sampel dari beberapa jenis material. Material dipilih berdasarkan dengan data penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Hollins dkk [9]. Berikut adalah sampel spesimen uji yang digunakan pada eksperimen ini yang ditunjukkan oleh tabel 3.1 dibawah ini:

Tabel 3.1: Bahan yang digunakan dalam eksperimen pengumpulan terminologi afeksi

No	Nama Bahan	Gambar
1	Kulit sintetis	
2	Bagian belakang kulit sintetis	
3	Amplas 80	
4	Amplas 150	

5	Bludru	
6	Bagian belakang bludru	
7	Kulit sintetis tekstur tertata	
8	Bagian belakang kulit sintetis tekstur tertata	

3.2.3 Prosedur

Terdapat beberapa langkah utama dalam pelaksanaan eksperimen ini. Langkah pertama sosialisasi mengenai protokol percobaan dan penandatangan *concern form* oleh subjek penelitian. Hal ini dilakukan untuk menginformasikan kepada subjek mengenai eksperimen yang dilakukan dan hal-hal yang harus dilakukan oleh subjek. Selanjutnya adalah subjek diminta untuk menyentuh spesimen uji yang sebe-

lumnya telah disiapkan menggunakan jari manis tangan dominan. Pada tahap ini dikondisikan supaya subjek tidak melakukan kontak visual dengan spesimen uji ketika menyentuhnya menggunakan kotak penutup. Setelah menyentuh spesimen uji, subjek diminta untuk melaporkan kesan apa saja yang dirasakan. Langkah ini diulangi sampai dengan semua spesimen uji dapat disentuh oleh subjek. Urutan pemberian spesimen uji diacak dan dibuat sehingga setiap subjek merasakan spesimen uji dengan urutan yang berbeda.

3.2.4 Analisis Data

Untuk mengetahui terminologi afeksi pada sentuhan yang muncul dilakukan analisis berupa penghitungan jumlah untuk setiap terminologi yang muncul. Setiap terminologi yang muncul dihitung dan dijumlahkan untuk diketahui secara spesifik terminologi afeksi yang dominan muncul. Terminologi yang bersinonim dihitung menjadi satu. Setelah itu dipilih terminologi-terminologi terkait afeksi pada sentuhan dengan memilih terminologi yang frekuensi kemunculannya lebih dari frekuensi kemunculan minimal yang telah ditentukan.

Analisis data yang dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh jenis kelamin dengan kemampuan semantik untuk menyampaikan kesan yang dirasakan digunakan metode *T-test*. *T-test* dilakukan dengan membandingkan data jumlah produksi terminologi afeksi pada sentuhan yang dihasilkan oleh laki-laki dan perempuan. Setiap subjek akan dihitung berapa jumlah terminologi afeksi pada sentuhan yang disebutkan dan diklasifikasikan sesuai jenis kelamin subjek. *T-test* dilakukan menggunakan *library* Pingouin pada Python.

Hubungan antara frekuensi rata-rata kemunculan dari suatu terminologi afeksi dengan urutan rata-rata kemunculan terminologi afeksi dianalisis menggunakan korelasi Pearson. Analisis dilakukan untuk mengetahui apakah kedua parameter tersebut saling berkorelasi atau tidak. Analisis korelasi Pearson pada eksperimen ini dilakukan dengan menggunakan *library* Scipy pada Python.

3.3 Hasil dan Pembahasan

3.3.1 Hasil

Data berupa terminologi afeksi pada sentuhan beserta jumlah dan urutan kemunculannya berhasil direkam pada eksperimen ini. Sebanyak 19 terminologi terkait afeksi pada sentuhan didapatkan dari eksperimen ini. Dikarenakan kemunculan beberapa terminologi afeksi sangatlah rendah maka ditentukan frekuensi kemunculan minimal untuk memilih terminologi afeksi pada sentuhan. Frekuensi kemunculan minimal dari terminologi afeksi adalah empat. Sehingga terminologi yang frekuensi kemunculannya dibawah empat akan diabaikan. Terminologi telah diseleksi dapat dilihat pada tabel 3.1. Dapat dilihat bahwa terminologi yang memiliki frekuensi kemunculan tertinggi adalah kasar dengan frekuensi kemunculan sebanyak 49 kali kemunculan. Sedangkan terminologi afeksi yang memiliki frekuensi terendah adalah hangat dan senang dengan frekuensi kemunculan sebanyak lima kali kemunculan.

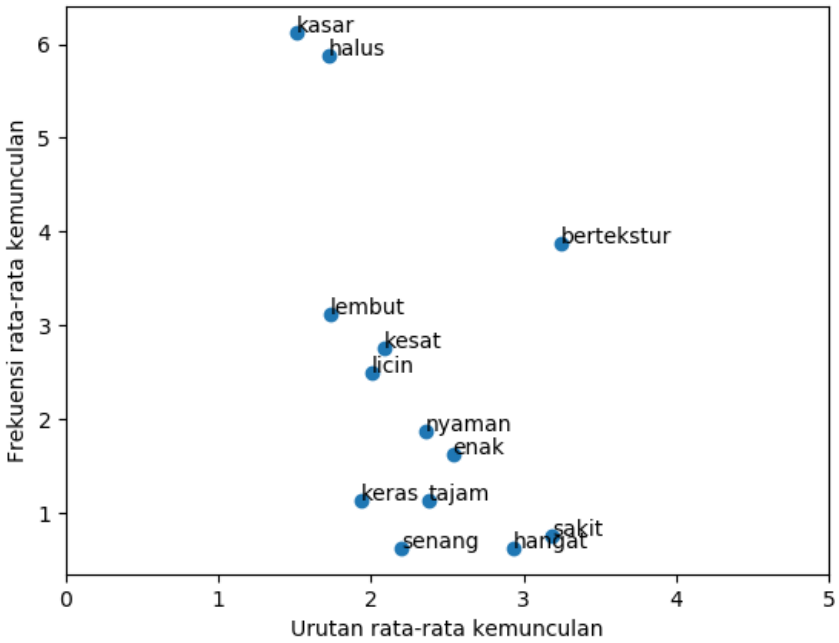
Tabel 3.2: Daftar terminologi afeksi.

No.	Terminologi	Frekuensi Kemunculan
1	Halus	47
2	Kasar	49
3	Nyaman	15
4	Enak	13
5	Lembut	25
6	Hangat	5
7	Kesat	22
8	Licin	20
9	Bertekstur	31
10	Tajam	9
11	Keras	9
12	Senang	5
13	Sakit	6

Diketahui bahwa jumlah rata-rata terminologi yang dihasilkan oleh subjek berjenis kelamin laki-laki sebanyak 11.82 terminologi sedangkan rata-rata jumlah terminologi afeksi yang dihasilkan subjek berjenis kelamin perempuan sebanyak 12.08.

Dari hasil *T-test* untuk data jumlah rata-rata produksi terminologi afeksi pada sentuhan oleh subjek berjenis kelamin laki-laki dan perempuan dengan nilai $\alpha(0.025)$ diketahui bahwa nilai $P(0.81)$. Berdasarkan hasil *T-test* karena nilai P lebih besar daripada α dapat diketahui bahwa jenis kelamin tidak memengaruhi kemampuan semantik dalam penyampaian afeksi.

Data frekuensi kemunculan rata-rata beserta urutan kemunculan rata-rata dari setiap terminologi yang telah diseleksi ditunjukkan pada gambar 3.1. Diketahui bahwa terminologi dengan frekuensi kemunculan rata-rata tertinggi adalah kasar dengan frekuensi kemunculan rata-rata sebesar 6.12. Sedangkan terminologi frekuensi kemunculan rata-rata terendah adalah hangat dan senang dengan frekuensi kemunculan rata-rata sebesar 0.62. Terminologi afeksi yang memiliki urutan kemunculan rata-rata paling awal yaitu kasar dengan urutan kemunculan rata-rata sebesar 1.51. Terminologi afeksi yang memiliki urutan rata-rata kemunculan paling akhir adalah bertekstur dengan urutan rata-rata kemunculan sebesar 3.25.



Gambar 3.1: Grafik hubungan antara urutan rata-rata kemunculan dengan frekuensi rata-rata kemunculan terminologi afeksi

Korelasi antara variabel frekuensi kemunculan rata-rata dengan urutan kemunculan rata-rata dianalisis menggunakan uji korelasi *Pearson*. Dari uji korelasi *Pear-*

son dengan $\alpha(0.05)$ menggunakan dua variabel tersebut didapatkan hasil $P(0.077)$. Karena nilai P lebih besar daripada α sehingga dapat diketahui bahwa frekuensi kemunculan rata-rata tidak berkorelasi dengan urutan kemunculan rata-rata.

3.3.2 Pembahasan

Dari pemaparan hasil eksperimen di atas diketahui bahwa terminologi yang berhasil direkam adalah terminologi-terminologi yang sering digunakan untuk mengungkapkan suatu kesan terhadap karakterisitik fisik dan emosi dari suatu hal dalam bahasa Indonesia. Ini dibuktikan dengan munculnya terminologi yang menggambarkan karakteristik fisik seperti halus, kasar, kesat, licin, bertekstur, rata, tajam, tumpul, keras, lembut, dingin dan hangat. Terminologi yang menggambarkan karakteristik emosi yang muncul seperti nyaman, sakit, senang dan sebal.

Karakteristik fisik lebih dominan untuk muncul. Ini dibuktikan dengan dua terminologi dengan frekuensi kemunculan tertinggi adalah halus dan kasar yang dapat dikatakan sebagai karakteristik fisik. Dengan kata lain persepsi manusia akan karakteristik fisik terhadap suatu permukaan ketika disentuh lebih mudah muncul dibandingkan kesan emotif. Meski frekuensi kemunculan terminologi mengenai karakterisitik emosi juga tinggi tetapi selisihnya dengan frekuensi kemunculan terminologi karakteristik emosi terlalu besar.

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Picard dkk diketahui terdapat korelasi antara frekuensi kemunculan rata-rata dengan urutan kemunculan rata[11]. Ini tidak terbukti pada penelitian ini. Hal ini diduga karena terlalu banyak dileburnya terminologi yang saling bersinonim oleh penulis. Sehingga ini menyebabkan terjadinya ketimpangan jumlah pada suatu terminologi. Pada eksperimen ini diduga terminologi bertekstur menyebabkan persebaran jumlah frekuensi kemunculan dibandingkan dengan urutan kemunculan menjadi timpang disebabkan terminologi yang bersinonim dengan bertekstur terlalu banyak.

3.4 Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Terminologi afeksi pada sentuhan yang muncul dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu terminologi afeksi yang menggambarkan karakteristik fisik dan

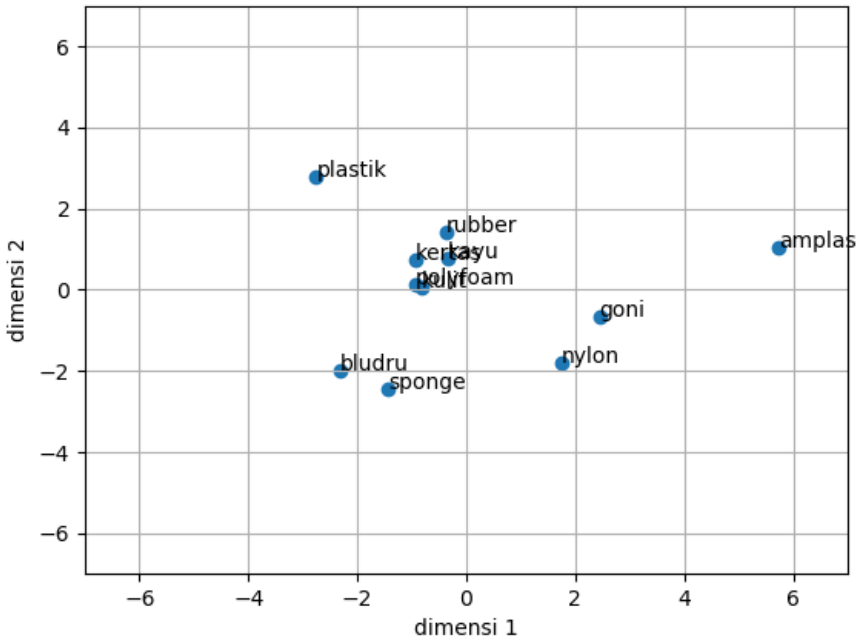
terminologi yang menggambarkan karakteristik emosi dari suatu permukaan material. Terminologi yang menggambarkan karateristik fisik dari permukaan seperti halus, kasar, kesat, licin, bertekstur, rata, tajam, tumpul, keras, lembut, dingin dan hangat. Sedangkan terminologi yang menggambarkan karakteristik emosi dari permukaan yaitu nyaman, sakit, senang dan sebal.

2. Tidak terdapat perbedaan kemampuan semantik dalam penyampaian terminologi afeksi antara laki-laki dengan perempuan.

3. Tidak terdapat korelasi antara frekuensi kemunculan rata-rata dengan urutan kemunculan rata-rata dari suatu terminologi.

masing-masing persepsi yang mungkin timbul.

Dimensi afeksi pada sentuhan diketahui dengan menggunakan vektor dimensi afeksi. Vektor dimensi afeksi sendiri diperoleh dari koefisien β dari *multiple linear regression*. Gambar 4.2 menunjukkan vektor dimensi afeksi dari material yang diproyeksikan pada bidang dua dimensi. Dapat dilihat bahwa vektor afeksi juga sudah sesuai dengan karakteristik dari material yang dipetakan.



Gambar 4.1: Plotting material berdasarkan afeksinya pada bidang 2 dimensi.

BAB IV

PEMETAAN SPASIAL AFEKSI PADA SENTUHAN

4.1 Rasional

Setiap permukaan material memiliki kesan afeksi tertentu apabila disentuh. Kesan yang timbul dapat berupa mengenai karakteristik fisik maupun emotif dari permukaan tersebut. Kesan yang timbul dari material dapat digunakan untuk klasifikasi material yang ada menjadi kelompok-kelompok tertentu. Pada eksperimen ini material dipetakan berdasarkan afeksi yang dapat ditimbulkannya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui dimensionalitas afeksi yang ditimbulkan oleh material ketika disentuh. Selain itu dicari hubungan antar dimensi afeksi yang terjadi.

Proses pemetaan skala afeksi pada sentuhan dilakukan dengan memproyeksikan jarak dari material pada bidang dua dimensi. Jarak yang dimaksud adalah perbedaan nilai dari matriks persamaan. Matriks persamaan didapat dari nilai skala afeksi yang diisi oleh subjek penelitian ketika survey dilaksanakan dan dihitung menggunakan metode penghitungan jarak pada bidang.

Matriks persamaan dari data skala hasil survey dihitung jaraknya. Semakin kecil nilai dari matriks persamaan maka semakin mirip afeksi yang dihasilkan material. Sehingga letak dari material pada bidang dua dimensi tersebut digunakan sebagai acuan mengelompokkan material berdasarkan afeksi yang ditimbulkannya.

4.2 Metodologi

4.2.1 Subjek

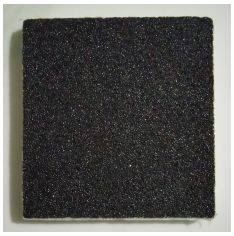
Subjek eksperimen ini terdiri atas 20 (10 perempuan dan 10 laki-laki) warga negara Indonesia dengan rentang umur 20 sampai dengan 25 tahun. Semua subjek bersifat naif. Naif yang dimaksud adalah semua subjek belum pernah mengetahui atau berpartisipasi pada eksperimen serupa sebelumnya.

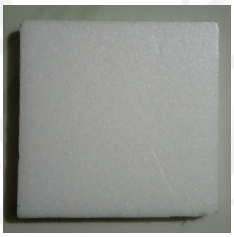
4.2.2 Sampel

Pada eksperimen ini digunakan sampel dari beberapa jenis material. Material dipilih berdasarkan dengan data penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Hollins dkk [9]. Berikut adalah sampel yang digunakan pada eksperimen ini yang ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1: Bahan yang digunakan dalam eksperimen pemetaan afeksi

No	Nama Bahan	Gambar
1	Kayu	
2	Goni	
3	Bludru	

4	Amplas	
5	Nylon	
6	*wax paper*	
7	*Kulit Sinte-tis*	

8	*Cellulose Sponge*	
9	Plastik	
10	Karet penghapus (*rubber*)	
11	*Polyfoam*	

4.2.3 Prosedur

Prosedur kerja dari eksperimen terdiri atas beberapa langkah utama. Langkah pertama pembacaan protokol percobaan dan penandatangan *concern form* yang merupakan bukti persetujuan bahwa subjek bersedia mengikuti seluruh protokol percobaan yang ada. Selanjutnya subjek diminta untuk menyentuh spesimen uji yang telah disiapkan menggunakan jari manis tangan dominan. Ketika menyentuh spesimen uji

subjek dikondisikan untuk tidak dapat melakukan kontak visual dengan spesimen uji. Setelah menyentuh spesimen uji subjek diminta untuk menentukan skala yang menunjukkan tingkat dari afeksi yang dirasakan. Langkah ini diulangi sampai dengan semua spesimen uji dapat disentuh oleh subjek. Urutan pemberian spesimen uji diacak dan dibuat sehingga setiap subjek merasakan spesimen uji dengan urutan yang berbeda.

4.2.4 Analisis Data

Pemetaan material berdasarkan afeksi pada bidang dua dimensi menggunakan data hasil survey berupa skala *likert*. Data hasil survey dihitung jarak antar material pada bidang dua dimensi. Jarak dihitung menggunakan metode jarak euclidean. Persamaan jarak euclidean sendiri dapat dilihat sebagai berikut.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=0}^{m}(x_{ik} - x_{jk})^2} \tag{4.1}$$

Perhitungan jarak metode euclidean menggunakan masukkan berupa data hasil suvey yang dapat dilihat pada tabel 4.3. Dimana x_{ik} dan x_{jk} merupakan koordinat data masukkan untuk baris dan kolom dari matriks data hasil survey. Hasil dari algoritma ini adalah berupa matriks persamaan dari masing-masing data pada matriks masukkan yang pada konteks ini adalah karakteristik permukaan material. Secara perhitungan dapat dibayankan kita mengukur dua titik pada masing-masing sumbu (x dan y). Setelah itu dilakukan operasi pengurangan dan dicari nilai mutlaknya dengan cara dikuadratkan.

Matriks persamaan dari perhitungan jarak euclidean memiliki banyak dimensi. Hal ini diperlukan proses reduksi dimensi data untuk mendapatkan data koordinat material pada bidang dua dimensi. Sehingga diperlukan algoritma reduksi dimensi untuk mendapatkan data tersebut. Pada eksperimen ini digunakan algoritma *Multidimensional scaling* dari *library* Sklearn pada Python.

Untuk mengetahui hubungan antar dimensi afeksi sentuhan yang ada diperlukan garis vektor dari dimensi afeksi tersebut. Garis vektor dimensi afeksi didapatkan dari koefisien β dari persamaan *multiple Linear Regression*. Koefisien β dikali dengan enam untuk memperjelas visual dari vektor.

Tabel 4.2: Matriks karakteristik afeksi setiap material.

vocab	halus-kasar	kesat-licin	tajam-tumpul	keras-lembut	nyaman-sakit	bertekstur-rata	dingin-hangat	senang-sebal
kayu	1.95	2.65	4.10	2.20	2.35	3.40	3.25	2.65
goni	3.85	1.70	3.05	2.90	3.00	1.45	3.35	3.35
bludru	1.40	2.70	4.55	4.15	1.70	3.05	4.10	1.70
amplas	5.00	1.05	1.30	1.45	4.30	1.25	2.85	4.20
nylon	3.90	1.75	3.20	3.53	2.45	1.45	3.75	3.15
kertas	2.15	3.00	4.00	2.80	2.20	3.50	2.95	2.40
kulit	2.35	2.85	4.10	2.85	2.35	3.20	3.30	2.15
sponge	2.20	2.25	4.40	4.55	1.50	2.05	3.75	2.00
plastik	1.25	4.50	4.70	2.80	2.10	4.65	2.10	2.35
rubber	2.20	2.60	4.35	2.60	2.55	3.35	2.50	2.55
polyfoam	2.40	2.65	4.15	3.20	2.15	3.65	3.15	2.40

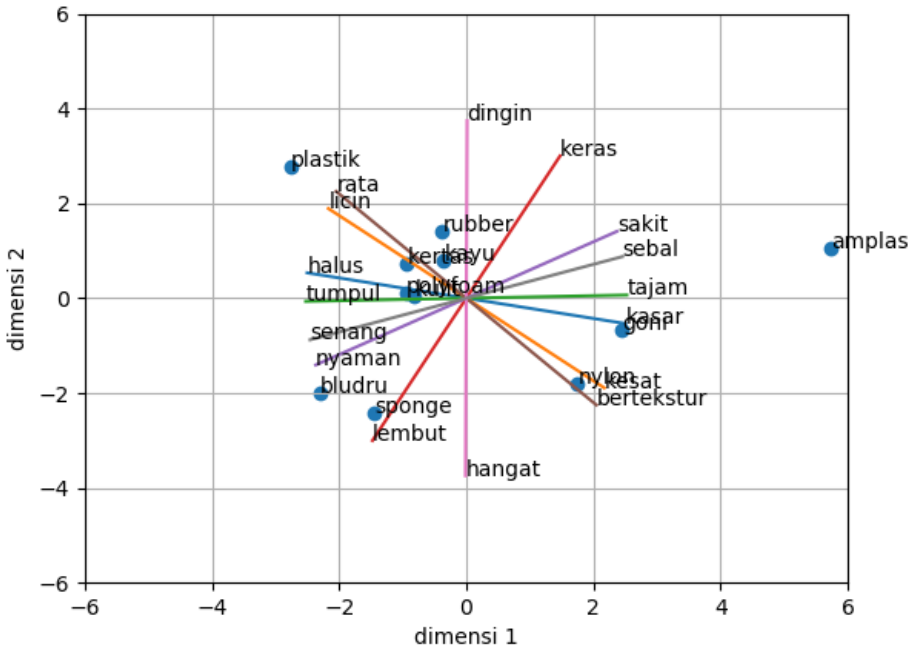
4.3 Hasil dan Pembahasan

4.3.1 Hasil

Data hasil survey dihitung jaraknya menggunakan metode euclidean dan didapatkan matriks persamaannya. Matriks persamaan dari hasil eksperimen ini dapat dilihat pada tabel 4.3. Dapat dilihat bahwa semakin besar nilai matriks persamaan maka jarak antar material yang dimaksud semakin besar. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin besar jarak antar kedua material maka semakin berbeda afeksi yang ditimbulkannya ketika disentuh.

Dari matriks persamaan dilakukan proses reduksi dimensi menggunakan algoritma *Multidimensional scaling* untuk mendapatkan data koordinat bidang dari material. Matriks persamaan memiliki dimensi 11×11 sedangkan koordinat bidang untuk visualisasi material data harus memiliki dua dimensi saja. Sehingga *Multidimensional Scaling* mereduksi data dari sebelas dimensi menjadi dua dimensi. Data dua dimensi yang dimaksud berupa koordinat untuk sumbu x dan y. Visualisasi proyeksi material pada bidang dua dimensi dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Secara visual dapat dilihat pada Gambar 4.1 bahwa material dapat berkelompok dengan material lain berdasarkan karakteristik permukaan yang dimilikinya. Ini terlihat dari material seperti amplas, nylon dan goni berada di sisi condong ke sebelah kanan. Sedangkan material seperti bludru, sponge serta plastik cenderung berada disisi sebelah kiri. Seperti yang kita ketahui bahwa kedua kelompok material ini memiliki sifat fisik yang cukup berlawanan. Sehingga hasil dari reduksi dimensi sudah cukup relevan dengan kondisi aktualnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa pemetaan spasial dari material yang telah dibuat dapat juga dipahami sebagai pemetaan untuk



Gambar 4.2: Peta spasial dengan vektor dimensi afeksi.

Tabel 4.3: Matriks persamaan afeksi.

	Kayu	Goni	Bludru	Amplas	Nylon	Kertas	Kulit	Sponge	Plastik	Rubber	Polyfoam
Kayu	0.00	3.42	3.39	6.23	3.56	1.12	1.19	3.67	3.50	1.53	1.40
Goni	3.42	0.00	4.99	3.77	1.36	3.67	3.44	4.27	6.17	3.60	3.54
Bludru	3.39	4.99	0.00	8.55	4.20	3.13	2.64	1.63	4.91	3.97	2.68
Amplas	6.23	3.77	8.55	0.00	4.93	6.62	6.59	7.98	8.60	6.26	6.72
Nylon	3.56	1.36	4.20	4.93	0.00	3.68	3.32	3.32	6.30	3.93	3.35
Kertas	1.12	3.67	3.13	6.62	3.68	0.00	0.87	3.30	2.83	1.19	0.80
Kulit	1.19	3.44	2.64	6.59	3.32	0.87	0.00	2.88	3.48	1.69	0.85
Sponge	3.67	4.27	1.63	7.98	3.32	3.30	2.88	0.00	5.35	3.93	2.79
Plastik	3.50	6.17	4.91	8.60	6.30	2.83	3.48	5.35	0.00	2.93	3.32
Rubber	1.53	3.60	3.97	6.26	3.93	1.19	1.69	3.93	2.93	0.00	1.57
Polyfoam	1.40	3.54	2.68	6.72	3.35	0.80	0.85	2.79	3.32	1.57	0.00

Dimensi afeksi yang muncul diukur kesesuaiannya untuk diproyeksikan pada bidang dua dimensi dengan menggunakan koefisien determinasi (R^2). Koefisien determinasi (R^2) didapatkan dari uji *multiple linear regression*. Analisis *multiple linear regression* menggunakan prediktor data dimensi satu dan dimensi dua sedangkan data targetnya adalah hasil survey dari dimensi afeksi yang dimaksud. Semakin tinggi

nilai koefisien determinasinya maka semakin sesuai dimensi tersebut dalam peta spasial yang telah dibuat[9]. Seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.3 diketahui bahwa dimensi afeksi yang memiliki kesesuaian tertinggi adalah nyaman-sakit (R^2= 0.9675). Sedangkan dimensi afeksi dengan tingkat kesesuaian terendah adalah dingin-hangat (R^2= 0.8996).

Tabel 4.4: Nilai R^2 setiap dimensi afeksi.

No.	Afeksi	R^2
1	Halus-Kasar	0.9558
2	Kesat-Licin	0.9324
3	Tajam-Tumpul	0.9518
4	Keras-Lembut	0.9135
5	Bertekstur-Rata	0.9621
6	Nyaman-Sakit	0.9675
7	Dingin-Hangat	0.8996
8	Senang-Sebal	0.9558

4.3.2 Pembahasan

Dapat dilihat bahwa vektor dimensi afeksi halus-kasar sejajar dengan vektor tumpul-tajam. Hasil ini dapat diterima mengingat karakteristik permukaan yang halus adalah tumpul. Sedangkan karakteristik permukaan yang kasar cenderung terasa tajam ketika disentuh. Vektor lain yang memiliki kesejajaran adalah vektor dari nyaman-sakit dan senang-sebal. Kedua vektor dimensi ini memiliki hubungan dimana permukaan yang menimbulkan rasa nyaman ketika disentuh juga membangkitkan persepsi senang. Begitu juga ketika suatu permukaan ketika disentuh menimbulkan rasa sakit maka persepsi sebal juga akan timbul sebagai respon yang dirasakan. Selain itu juga ditemukan hubungan kesejajaran antar vektor afeksi licin-kesat dengan rata-bertekstur.

Jika ditinjau dari nilai R^2 maka dapat diketahui bahwa dimensi nyaman-sakit sangat sesuai diproyeksikan menggunakan peta spasial bidang 2 dimensi yang telah dibuat. Sehingga dengan kata lain dapat diketahui afeksi yang mungkin timbul dari suatu permukaan apabila dilihat dari letak permukaan tersebut dalam peta spasial. Dalam kasus ini contoh ekstrim yang dilihat adalah bahwa bludru jauh lebih nyam-

an untuk disentuh daripada amplas. Dari percobaan ini juga dapat diketahui bahwa halus-kasar bukanlah menjadi dimensi dengan tingkat kesesuaian yang tertinggi. Tetapi dengan nilai R^2 yang masih cukup tinggi kita dapat menentukan afeksi halus atau kasar dari posisi permukaan pada peta spasial.

Seperti yang diketahui bahwa nilai R^2 terendah adalah dimensi afeksi dingin-hangat. Sehingga dapat dikatakan bahwa posisi dari permukaan suatu material pada peta spasial tidak dapat digunakan untuk memprediksi afeksi dingin dan hangat secara akurat. Kemungkinan ini dikarenakan afeksi dari dingin dan hangat tidak dapat diproyeksi secara maksimal pada bidang dua dimensi. Hal ini juga berlaku pada dimensi afeksi keras dan lembut yang nilai R^2 miliknya tidak jauh berbeda dengan dimensi afeksi dingin dan hangat. Hal ini juga menjadi salah satu fokus penelitian sebelumnya yang dilakukan Hollins dkk pada tahun 1993 yang menyatakan bahwa dimensi afeksi terkait dingin-hangat serta keras-lembut menyatakan bahwa optimal diproyeksikan pada bidang 3 dimensi.

4.4 Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat hubungan antar dimensi afeksi. Ini karena ditemukan kesejajaran antara dua vektor dimensi afeksi. Vektor dimensi yang memiliki kesesejaran seperti halus-kasar dengan tumpul-tajam, nyaman-sakit dengan senang-sebal dan licin-kesat dengan rata-bertekstur.

2. Tidak semua dimensi afeksi dapat sesuai untuk diproyeksikan secara optimal pada bidang dua dimensi.

BAB V
PEMBUATAN MODEL MACHINE LEARNING KARAKTERISTIK AFEKSI

5.1 Rasional

Untuk dapat merasakan kesan afeksi yang timbul dari suatu permukaan selama ini dilakukan dengan menyentuh permukaan yang dimaksud secara langsung. Ini menjadi sangat sulit di era digital yang mana ketika kita dituntut untuk mengevaluasi sesuatu hanya berdasarkan visualnya saja. Contohnya ketika berbelanja secara daring konsumen hanya diberikan informasi visual dari barang yang akan dibeli tanpa tahu bagaimana kesan afeksi yang ditimbulkan dari permukaan atau kualitas bahan material yang digunakan secara langsung. Konsumen hanya mengandalkan memori tentang material atau bahan penyusun dari produk yang dimaksud. Hal inilah yang melatar belakangi penelitian ini yaitu bagaimana seseorang dapat mengevaluasi atau merasakan kesan afeksi dari suatu permukaan hanya dengan melihat permukaan benda tersebut?

Mengevaluasi afeksi yang timbul dari suatu permukaan hanya berdasarkan visualnya sangatlah mungkin untuk dilakukan. Visual yang dimaksud disini adalah citra digital dari permukaan suatu material. Ini dikarenakan kemampuan citra digital untuk merepresentasikan suatu objek dengan sangat andal. Selain itu pada era digital ini citra digital banyak sekali digunakan karena sangat mudah disunting dan dikompresi memori yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan.

Citra digital tersusun atas banyak sekali fitur salah satunya adalah fitur berbasis *Fourier transform*. Yang dimaksud dengan fitur berbasis *Fourier transform* adalah fitur yang dievaluasi pada domain frekuensi. Karena seperti yang kita tahu citra digital berada pada domain waktu sehingga untuk mengevaluasi fitur pada domain frekuensi diperlukan proses transformasi Fourie agar hal ini dapat dilakukan. Evaluasi fitur pada domain frekuensi sendiri memiliki kelebihan yaitu tidak terlalu sensitif terhadap *noise*.

Fitur berbasis *Fourier transform* dapat digunakan untuk mendiskriminasi suatu permukaan [14]. Sehingga diduga fitur berbasis *Fourier transform* juga dapat digunakan untuk mendiskriminasi suatu permukaan berdasarkan afeksi yang dihasilkannya ketika disentuh. Dengan acuan inilah pada eksperimen ini ingin dibuat suatu

model *machine learning* untuk mengklasifikasi dan memprediksi afeksi yang dihasilkan oleh material ketika disentuh.

5.2 Metodologi

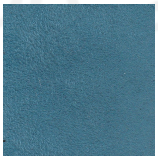
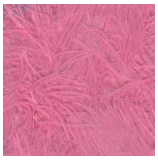
5.2.1 Subjek

Subjek eksperimen ini terdiri atas 5 laki-laki warga negara Indonesia dengan rentang umur 20 sampai dengan 25 tahun. Semua subjek bersifat naif. Naif yang dimaksud adalah semua subjek belum pernah mengetahui atau berpartisipasi pada eksperimen serupa sebelumnya.

5.2.2 Sampel

Pada eksperimen ini digunakan sampel dari beberapa jenis material. Material dipilih berdasarkan dengan data penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Hollins dkk [9]. Berikut adalah sampel spesimen uji yang digunakan pada eksperimen ini yang ditunjukkan oleh tabel 5.1:

Tabel 5.1: Bahan yang digunakan dalam eksperimen pembuatan model machine learning

No	**Nama Bahan**	**Gambar**
1	Kain suede	
2	Bulu sintetis	

5.2.3 Prosedur

Pada eksperimen ini digunakan data hasil survey yang sebelumnya telah dilakukan. Total terdapat 220 data berhasil dikumpulkan dari 20 subjek yang menyentuh 11 spesimen uji. Data hasul survey tersebut akan digunakan sebagai data target. Sedangkan data berupa fitur *Fourier transform* hasil ekstraksi citra digital permukaan dari material yang digunakan pada eksperimen kedua akan digunakan sebagai data prediktor. Proses ekstraksi fitur dilakukan menggunakan program yang ditulis menggunakan bahasa dan *library* Python. Fitur berbasis *Fourier transform* yang digunakan adalah sebanyak 109 buah fitur. Data hasil survey yang merupakan data target dan data hasil ekstraksi fitur berbasis *Fourier Transform* yang merupakan data prediktor dibagi menjadi dua dengan proporsi data latih 80% dan data tes 20% dari total data yang ada.

Data yang diperoleh dari hasil survey digunakan sebagai target atau output dari model. Data tersebut masih berbentuk skala 1 sampai dengan 5 yang merepresentasikan tingkat afeksi yang muncul. Untuk membuat data target, data yang sebelumnya masih dalam bentuk skala dengan rentang 1 sampai dengan 5 diubah menjadi 1 dan 0. Dimana 0 merepresentasikan nilai batas yang telah ditentukan sampai dengan nilai 1 sedangkan nilai 1 pada data target merepresentasikan nilai batas yang ditentukan sampai dengan nilai 5 pada data hasil percobaan sebelumnya. Nilai skala yang dijadikan nilai batas oleh peneliti adalah 3. Sehingga nilai lebih kecil dari 3 akan diubah menjadi 0 sedangkan untuk nilai lebih dari 3 diubah menjadi 1 secara otomatis oleh fungsi *Binarization* pada *library* scikit learn.

Untuk data prediktor juga dilakukan beberapa praproses sebelum digunakan sebagai data latih dan data tes. Pertama, data prediktor dilakukan proses standarisasi. Ini dikarenakan fitur berbasis *Fourier transform* memiliki skala dan satuan yang berbeda. Setelah itu data fitur hasil normalisasi dilakukan proses pemilihan fitur. Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk mengeliminasi fitur yang saling linear. Ini dikarenakan fitur yang saling linear dikhawatirkan dapat menganggu performa dari model.

Data hasil pra proses dibagi menjadi data latih dan data tes. Untuk proporsi data latih adalah 80% dari total data dan data tes adalah 20%. Data latih digunakan untuk melatih model *machine learning*. Model *machine learning* yang dipilih adalah *Multi-Output Logistic Linear Regression* dengan parameter dari model yang dapat dilihat pada tabel 5.2. Alasan pemilihan model ini adalah kesesuaian dengan kasus yang dihadapi yaitu melakukan klasifikasi dan prediksi secara bersamaan. Model di-

buat menggunakan dengan *library* Python Sklearn versi 0.24.1.

Model lalu akan dilakukan validasi dengan survey menggunakan spesimen uji yang telah disiapkan sebelumnya. Spesimen uji validasi diekstraksi fitur berbasis *Fourier transform* lalu dimasukkan kedalam model untuk diprediksi afeksi yang dapat muncul dari kedua spesimen tersebut. Hasil prediksi menggunakan hasil survey.

Tabel 5.2: Parameter dan Argumen dari model *Multi-Output Regression*

No	Paramater	Argumen
1	Penalty	l2
2	Solver	newton-cg
3	Multi Class	multinomial

5.2.4 Analisis Data

Data hasil ekstraksi fitur berbasis *Fourier transform* dibandingkan dengan data hasil survey. Perbandingan dilakukan dengan memproyeksikan data kedua data pada bidang dua dimensi. Data koordinat letak dari data fitur berbasis *Fourier transform* dan hasil survey dibandingkan dengan *T-test* untuk mengetahui apakah kedua data memiliki karakteristik yang sama atau tidak.

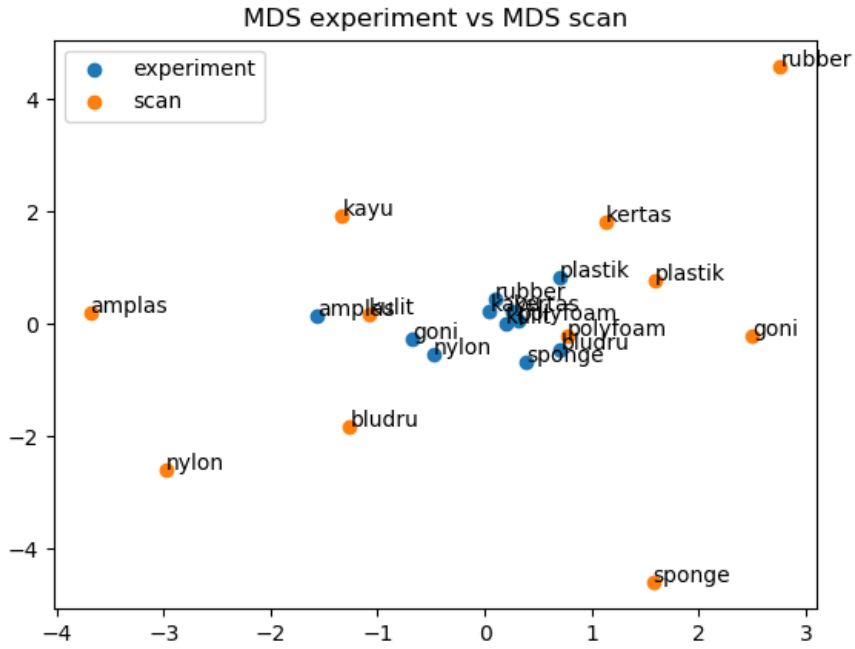
Untuk model *machine learning* yang dibuat pada ekperimen ini diuji performanya dengan dua *metrics*. *Metrics* adalah metode evaluasi untuk menguji performa suatu model *machine learning*. Pada eksperimen ini akan digunakan *metrics* nilai akurasi dan kurva ROC.

5.3 Hasil dan Pembahasan

5.3.1 Hasil

Data hasil ekstraksi fitur berbasis *Fourier transform* dan data hasil survey diproyeksikan pada bidang dua dimensi menggunakan *Multidimensional scaling*. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini adalah visualisasi dari kedua data yang dimaksud pada bidang dua dimensi. Seperti yang ditunjukkan pada gambar tersebut bahwa koordinat material sangatlah acak dan sekilas berbeda. Berdasarkan hasil *T-test* diketahui bahwa nilai $P < 0.05$ ($P = 0.000521$). Sehingga dapat diketahui bahwa data

hasil ekstraksi fitur berbasis *Fourier transform* tidak sama dengan data hasil survey jika diproyeksikan pada bidang dua dimensi. Ini membuat data hasil ekstraksi fitur berbasis *Fourier transform* tidak dapat langsung digunakan untuk menentukan suatu afeksi yang dapat timbul dari suatu permukaan material.



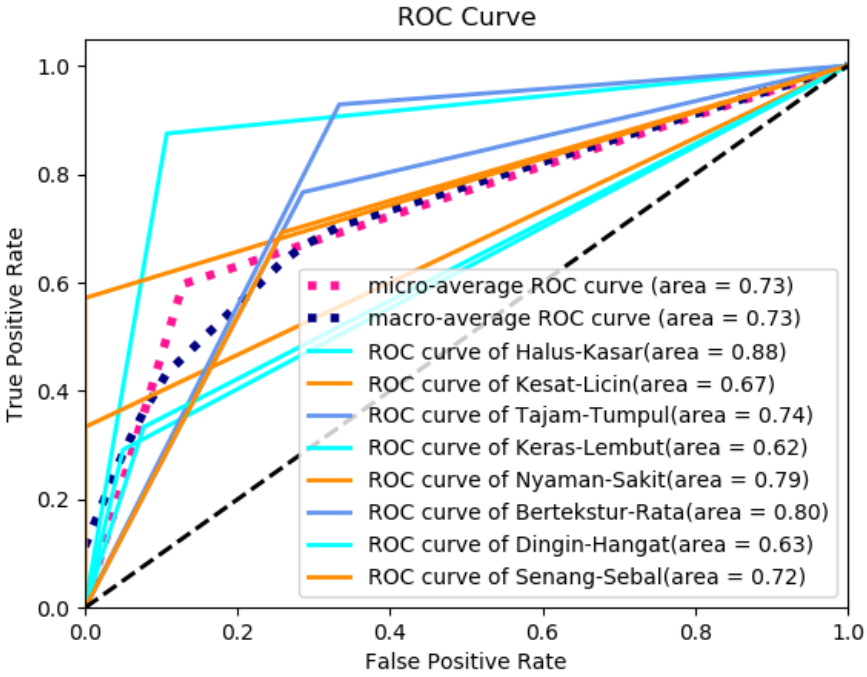
Gambar 5.1: Grafik perbandingan hasil MDS eksperimen dan hasil scan

Evaluasi performa model yang pertama adalah menggunakan nilai akurasi model dalam mengklasifikasikan afeksi yang timbul dari permukaan spesimen uji. Berikut data hasil evaluasi performa model menggunakan nilai akurasi dapat dilihat pada tabel 5.3. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa performa model berdasarkan nilai akurasi sangat baik untuk melakukan klasifikasi dimensi afeksi nyaman-sakit (0.9318). Sedangkan performa model buruk untuk melakukan klasifikasi dimensi afeksi keras-lembut (0.5909) dan dingin-hangat (0.6818).

Tabel 5.3: Akurasi model *machine learning*.

No	Afeksi	Akurasi
1	Halus-Kasar	0.8864
2	Kesat-Licin	0.8181
3	Tajam-Tumpul	0.75
4	Keras-Lembut	0.5909
5	Nyaman-Sakit	0.9318
6	Bertekstur-Rata	0.75
7	Dingin-Hangat	0.6818
8	Senang-Sebal	0.7273

Model selanjutnya dievaluasi menggunakan kurva ROC untuk memastikan apakah benar nilai akurasi yang didapatkan dari model. Dapat dilihat dari kurva ROC yang didapat pada gambar dibawah ini diketahui bahwa kedua dimensi yang memiliki performa yang rendah pada evaluasi nilai akurasi juga terdeteksi pada kurva ROC. Sedikit perbedaan dari kurva ROC terlihat pada nilai ROC yang rendah pada dimensi afeksi kesat-licin (0.67). Ini sangat berkebalikan dengan evaluasi menggunakan nilai akurasi yang menunjukkan nilai akurasi dari dimensi kesat-licin (0.8181).



Gambar 5.2: kurva ROC

Berikut adalah hasil dari validasi yang ditunjukkan pada tabel 5.4. Hasil dari validasi menunjukkan karakteristik yang serupa dengan hasil evaluasi menggunakan kurva ROC. Hasil dari validasi juga menunjukkan bahwa model lemah dalam melakukan klasifikasi dimensi afeksi keras-lembut, dingin-hangat dan kesat licin.

Tabel 5.4: Hasil validasi model.

No.	Afeksi	Bulu Sintetis	Kain *suede*
1	Halus-Kasar	100%	80%
2	Kesat-Licin	60%	80%
3	Tajam-Tumpul	100%	100%
4	Keras-Lembut	100%	40%
5	Nyaman-Sakit	100%	100%
6	Bertekstur-Rata	100%	40%
7	Dingin-Hangat	100%	0%
8	Senang-Sebal	100%	100%

5.3.2 Pembahasan

Dari hasil proyeksi data hasil ekstraksi fitur berbasis *Fourier transform* dan data hasil survey pada bidang dua dimensi sangatlah berbeda. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor, salah satunya adalah dikarenakan basis peninjauan dari kedua data yang benar-benar berbeda. Sehingga data benar-benar berbeda. Ini didukung dengan nilai $P < 0.05$.

Hubungan antara aspek afektif dari suatu permukaan material dengan fitur berbasis *Fourier transform* diperlukan suatu model yang tepat. Model dibuat dengan harapan untuk mengetahui seberapa akurat fitur berbasis *Fourier transform* untuk melakukan klasifikasi dan memperkirakan karakteristik afeksi dari suatu tekstur permukaan benda. Dari hasil di atas diketahui bahwa dari model yang dibuat didapatkan akurasi yang rendah untuk dimensi afeksi keras-lembut(59.09%) dan dingin-hangat(68.18%). Salah satu rendahnya tingkat akurasi model disebabkan oleh data yang didapatkan dari survey menunjukkan bahwa responden mengalami kebingungan dalam menentukan afeksi keras-lembut dan dingin-hangat. Sehingga imbasnya adalah banyak responden yang memilih netral atau nilai tengah pada skala yang telah disediakan. Pada penelitian sebelumnya [11][9] menunjukkan bahwa kedua dimensi tersebut akan buruk kesesuaiannya apabila diproyeksikan pada bidang dua dimensi.

Kurva ROC menunjukkan hasil yang hampir mirip dengan evaluasi model berdasarkan pada nilai akurasinya. Performa model dalam melakukan klasifikasi buruk untuk pada dimensi afeksi keras-lembut(0.62) dan dingin-hangat(0.63). Terdapat perbedaan dalam penilaian performa model yang ditunjukkan pada kurva ROC di atas yaitu rendahnya kemampuan model dalam melakukan klasifikasi dimensi afeksi kesat-licin(0.67). Hal ini disebabkan oleh ketidakseimbangan data yang didapatkan dari data latih yang digunakan.

Hasil dari validasi model menggunakan data survey juga menunjukkan kecenderungan yang serupa dengan dua pengujian performa dari model *machine learning* sebelumnya. Tingkat akurasi model dalam mengklasifikasikan aspek afektif cukup rendah pada dimensi afeksi kesat-licin dan dingin-hangat. Tingkat akurasi klasifikasi dimensi afeksi dingin-hangat sangat buruk terjadi pada spesimen uji kain *suede* yang menunjukkan nilai klasifikasi model benar-benar salah dibandingkan dengan hasil survey lapangan yang dilakukan pada responden. Ini semakin membuktikan bahwa dimensi afeksi dingin-hangat sangat sulit untuk dirasakan dari suatu permukaan material. Seperti yang telah dipaparkan di atas bahwa responden kesulitan mengiden-

tifikasi adanya karakteristik afeksi dingin-hangat pada suatu permukaan material.

5.4 Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Fitur berbasis *Fourier transform* yang diproyeksikan pada bidang dua dimensi tidak dapat digunakan untuk menentukan afeksi sentuhan dari permukaan material.

2. Model yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara karakteristik afeksi sentuhan dari suatu permukaan material adalah *Multi-Output Logistic Regression*.

3. Performa model yang dibuat memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi untuk klasifikasi afeksi halus-kasar (88.64%), kesat-licin (81.81%), tajam-tumpul (75%), nyaman-sakit (93.18%), bertekstur-rata (75%) dan senang-sebal (72.73%). Sedangkan model yang dibuat memiliki performa akurasi yang rendah untuk mengklasifikasi dimensi afeksi keras-lembut (59.09%) dan dingin-hangat (68.18%).

BAB VI
DISKUSI UMUM DAN KESIMPULAN

6.1 Pembahasan

Pada penelitian ini terdapat tiga eksperimen yang setiap eksperimen saling berkaitan. Eksperimen pertama adalah eksperimen pengumpulan terminologi afeksi sentuhan. Kajian utama yang dikaji pada eksperimen ini adalah terminologi yang digunakan seseorang dalam menyampaikan kesan afeksi yang timbul ketika menyentuh suatu permukaan material. Berdasarkan eksperimen ini diketahui bahwa secara umum terdapat dua jenis terminologi afeksi yaitu terminologi afeksi terkait dengan karakteristik fisik dan terminologi yang terkait dengan aspek emotif. Terminologi afeksi terkait dengan karakteristik fisik seperti halus, kasar, kesat, licin, bertekstur, rata, tajam, tumpul, keras, lembut, dingin dan hangat. Sedangkan untuk terminologi terkait dengan karakteristik emotif yang muncul yaitu nyaman, sakit, senang dan sebal.

Selain itu pada eksperimen pengumpulan terminologi afeksi juga diketahui bahwa jenis kelamin tidak mempengaruhi perbedaan kemampuan semantik dalam menyampaikan kesan dari afeksi pada sentuhan. Berdasarkan ini dapat diketahui bahwa tidak ada variasi yang cukup beragam dalam penyampaian kesan afeksi sentuhan dengan suatu terminologi. Hal ini perlu diteliti lebih lanjut mengenai mekanisme terbentuknya suatu terminologi untuk menyampaikan suatu konsep.

Eksperimen ini juga mengumpulkan data berupa frekuensi kemunculan rata-rata dan urutan kemunculan rata-rata. Dari kedua data tersebut dicari korelasi apakah ada pengaruh antara urutan kemunculan rata-rata suatu terminologi dengan frekuensi kemunculan rata-rata. Dari eksperimen ini didapatkan hasil bahwa urutan kemunculan rata-rata tidak berkorelasi dengan frekuensi kemunculan rata-rata dari suatu terminologi afeksi menggunakan uji korelasi *Pearson*.

Eksperimen kedua berusaha meneliti tentang pemetaan spasial afeksi pada sentuhan. Afeksi yang berusaha dipetakan pada eksperimen ini adalah terminologi afeksi yang didapatkan dari ekperimen pertama. Material spesimen dipetakan pada bidang dua dimensi berdasarkan afeksi yang ditimbulkannya ketika disentuh. Sehingga dapat material spesimen uji dapat berkelompok dengan material yang memiliki afeksi yang sama.

Material spesimen uji yang sudah dipetakan berdasarkan afeksinya dapat diketahui dimensi afeksi yang muncul. Di antara dimensi afeksi yang muncul tersebut ditemukan hubungan antar dimensi. Hubungan ini diketahui dengan vektor dimensi afeksi yang saling sejajar. Vektor dimensi afeksi seperti halus-kasar dengan tumpul-tajam, nyaman-sakit dengan senang-sebal dan licin-kesat dengan rata-bertekstur memiliki hubungan kesejajaran. Hal ini berindikasi bahwa dimensi afeksi yang saling sejajar saling berhubungan atau dapat dikatakan bahwa kedua dimensi tersebut memiliki karakteristik yang serupa.

Eksperimen ketiga dilakukan untuk membuat model *machine learning* untuk mengetahui karakteristik afeksi pada sentuhan. Model yang digunakan pada eksperimen ini adalah *Multi-Output Logistic Regression*. Dari model ini diketahui performa model kurang baik untuk melakukan klasifikasi dan prediksi afeksi dingin-hangat dan keras-lembut.

Fitur berbasis *Fourier transform* dipetakan kedalam bidang dua dimensi dan dibandingkan dengan hasil pemetaan afeksi hasil eksperimen kedua. Diketahui dari eksperimen ini bahwa fitur berbasis *Fourier transform* yang diproyeksikan pada bidang dua dimensi tidak dapat digunakan untuk menentukan afeksi yang timbul dari suatu permukaan ketika disentuh.

6.2 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat macam-macam aspek afeksi dari suatu permukaan seperti halus-kasar, kesat-licin, keras-lembut, bertekstur-rata, tajam-tumpul, nyaman-sakit, dingin-hangat dan senang-sebal.

2. Terdapat hubungan antar dimensi afeksi yang ada pada suatu permukaan. Diketahui bahwa dimensi afeksi halus-kasar sejajar dengan tumpul-tajam. Ini juga terjadi pada dimensi afeksi nyaman sakit sejajar dengan afeksi senang-sebal.

3. Afeksi sentuhan dari suatu permukaan tidak dapat langsung diketahui dari fitur berbasis *Fourier transform* yang dipetakan pada bidang dua dimensi.

4. Model yang dapat digunakan untuk mengetahui hubungan antara karakteristik afketif berbasis *Fourier transform* adalah *Multi-Output Logistic Regres-*

sion. Performa model yang dibuat memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi untuk klasifikasi afeksi halus-kasar (88.64%), kesat-licin (81.81%), tajam-tumpul (75%), nyaman-sakit (93.18%), bertekstur-rata (75%) dan senang-sebal (72.73%). Sedangkan model yang dibuat memiliki performa akurasi yang rendah untuk mengklasifikasi dimensi afeksi keras-lembut (59.09%) dan dingin-hangat (68.18%).

6.3 Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk:

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian mengenai mekanisme munculnya terminologi afeksi. Ini diperlukan untuk mengetahui bagaimana manusia menyampaikan suatu konsep yang dipahaminya dan bagaimana manusia memilih suatu terminologi untuk mewakili konsep yang dipahaminya.
2. Disarankan untuk penelitian selanjutnya citra digital sebelum diekstraksi fiturnya dilakukan proses SVD terlebih dahulu.
3. Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk pemetaan spasial untuk menggunakan proyeksi pada bidang tiga dimensi atau lebih.
4. Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk dapat menambah jumlah data guna meningkatkan performa dari model yang dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Bahn, C. Lee, C. S. Nam, and M. Hwan Yun, "Incorporating Affective Customer Needs for Luxuriousness into Product Design Attributes," *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, vol. 19, no. 2, pp. 105–127, 2009.

[2] M. H. Khalid and G. M. Helander, "Customer emotional needs in product design," *Concurrent Engineering Research and Applications*, vol. 14, no. 3, pp. 197–206, 2006.

[3] P. Ehn, "The semantic turn: A new foundation for design, klaus krippendorff (routledge, 2005)," *Artifact: Journal of Design Practice*, vol. 1, no. 1, pp. 56–59, 2007.

[4] K. Krippendorff, *The semantic turn: A new foundation for design*. crc Press, 2005.

[5] P. A. Hancock, A. A. Pepe, and L. L. Murphy, "Hedonomics: The power of positive and pleasurable ergonomics," *Ergonomics in design*, vol. 13, no. 1, pp. 8–14, 2005.

[6] M. YOSHIDA, "Dimensions of Tactual Impressions (2)," *Japanese Psychological Research*, vol. 10, no. 4, pp. 157–173, 1968.

[7] C. E. Connor, S. S. Hsiao, J. R. Phillips, and K. O. Johnson, "Tactile roughness: Neural codes that account for psychophysical magnitude estimates," *Journal of Neuroscience*, vol. 10, no. 12, pp. 3823–3836, 1990.

[8] S. Okamoto, H. Nagano, and Y. Yamada, "Psychophysical dimensions of tactile perception of textures," *IEEE Transactions on Haptics*, vol. 6, no. 1, pp. 81–93, 2013.

[9] M. Holliins, R. Faldowski, S. Rao, and F. Young, "Perceptual dimensions of tactile surface texture: A multidimensional scaling analysis," *Perception & Psychophysics*, vol. 54, no. 6, pp. 697–705, 1993.

[10] M. Hollins, S. Bensmaïa, K. Karlof, and F. Young, "Individual differences in perceptual space for tactile textures: Evidence from multidimensional scaling," *Perception and Psychophysics*, vol. 62, no. 8, pp. 1534–1544, 2000.

[11] D. Picard, C. Dacremont, D. Valentin, and A. Giboreau, "Perceptual dimensions of tactile textures," *Acta Psychologica*, vol. 114, no. 2, pp. 165–184, 2003.

[12] B. Mesquita, N. H. Frijda, and K. R. Scherer, "Culture and emotion," *Handbook of cross-cultural psychology*, vol. 2, pp. 255–297, 1997.

[13] H. Olausson, J. Wessberg, I. Morrison, and F. McGlone, *Affective touch and the neurophysiology of CT afferents*, 2016.

[14] S. S. Liu and M. E. Jernigan, "Texture analysis and discrimination in additive noise," *Computer vision, graphics, and image processing*, vol. 49, no. 1, pp. 52–67, 1990.

[15] W. Yuan, S. Wang, S. Dong, and E. Adelson, "Connecting look and feel: Associating the visual and tactile properties of physical materials," in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2017, pp. 5580–5588.

[16] W. Yuan, Y. Mo, S. Wang, and E. H. Adelson, "Active clothing material perception using tactile sensing and deep learning," in *2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. IEEE, 2018, pp. 1–8.

[17] S. J. Lederman and M. M. Taylor, "Fingertip force, surface geometry, and the perception of roughness by active touch," *Perception & Psychophysics*, vol. 12, no. 5, pp. 401–408, 1972.

[18] G. K. Essick, F. McGlone, C. Dancer, D. Fabricant, Y. Ragin, N. Phillips, T. Jones, and S. Guest, "Quantitative assessment of pleasant touch," *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, vol. 34, no. 2, pp. 192–203, 2010.

[19] F. McGlone, A. B. Vallbo, H. Olausson, L. Loken, and J. Wessberg, "Discriminative touch and emotional touch," *Canadian Journal of Experimental Psychology*, vol. 61, no. 3, pp. 173–183, 2007.

[20] I. Gordon, A. C. Voos, R. H. Bennett, D. Z. Bolling, K. A. Pelphrey, and M. D. Kaiser, "Brain mechanisms for processing affective touch," *Human Brain Mapping*, vol. 34, no. 4, pp. 914–922, 2013.

[21] L. S. Löken, M. Evert, and J. Wessberg, "Pleasantness of touch in human glabrous and hairy skin: Order effects on affective ratings,"

Brain Research, vol. 1417, pp. 9–15, 2011. [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.1016/j.brainres.2011.08.011

[22] D. Katz, *The world of touch*. Psychology press, 2013.

[23] M. Hollins and S. R. Risner, "Evidence for the duplex theory of tactile texture perception," *Perception and Psychophysics*, vol. 62, no. 4, pp. 695–705, 2000.

[24] M. M. Taylor and S. J. Lederman, "Tactile roughness of grooved surfaces: A model and the effect of friction," *Perception & Psychophysics*, vol. 17, no. 1, pp. 23–36, 1975.

[25] F. A. Kingdom and N. Prins, *Psychophysics: A Practical Introduction: Second Edition*, 2016.

[26] A. McAndrew, *A computational introduction to digital image processing*. CRC Press, 2015.

[27] R. E. Gonzalez, Rafael C and Woods, *Digital image processing*, 2007, vol. 2.

[28] J. F. James, R. N. Enzweiler, S. McKay, and W. Christian, "A student's guide to fourier transforms with applications in physics and engineering," *Computers in Physics*, vol. 10, no. 1, pp. 47–47, 1996.

[29] T. Amr, *Hands-On Machine Learning with scikit-learn and Scientific Python Toolkits: A practical guide to implementing supervised and unsupervised machine learning algorithms in Python*. Packt Publishing, 2020. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?id=GlbzDwAAQBAJ

[30] P. Dangeti, *Statistics for Machine Learning*. Packt Publishing, 2017. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?id=C-dDDwAAQBAJ

[31] L. Van Der Maaten, E. Postma, and J. Van den Herik, "Dimensionality reduction: a comparative," *J Mach Learn Res*, vol. 10, no. 66-71, p. 13, 2009.

[32] J. Lee and M. Verleysen, *Nonlinear Dimensionality Reduction*, ser. Information Science and Statistics. Springer New York, 2007. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?id=vyVo4fO_9bQC

[33] C. S. Ding, *Fundamentals of applied multidimensional scaling for educational and psychological research*, 2018.

[34] M. Tranmer and M. Elliot, "Multiple linear regression," *The Cathie Marsh Centre for Census and Survey Research (CCSR)*, vol. 5, no. 5, pp. 1–5, 2008.

[35] S. Raschka and V. Mirjalili, *Python Machine Learning: Machine Learning and Deep Learning with Python, Scikit-Learn, and TensorFlow 2, 3rd Edition*, ser. Expert insight. Packt Publishing, 2019. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?id=n1cjyAEACAAJ

[36] F. Mcglone, H. Olausson, J. A. Boyle, M. Jones-Gotman, C. Dancer, S. Guest, and G. Essick, "Touching and feeling: Differences in pleasant touch processing between glabrous and hairy skin in humans," *European Journal of Neuroscience*, vol. 35, no. 11, pp. 1782–1788, 2012.