

PENGEMBANGAN APLIKASI RANCANGAN CAMPURAN MENGUNAKAN KRITERIA D-OPTIMAL UNTUK RESPON ORDINAL BERBASIS *WEB* DENGAN *R SHINY WEB FRAMEWORK*

PRATAMA YULY NUGRAHA



**PROGRAM STUDI STATISTIKA TERAPAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2022**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul Pengembangan Aplikasi Rancangan Campuran Menggunakan Kriteria D-Optimal untuk Respon Ordinal Berbasis *Web* dengan *R Shiny Web Framework* adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2022

Pratama Yuly Nugraha

NIM G152180191



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

PRATAMA YULY NUGRAHA. Pengembangan Aplikasi Rancangan Campuran Menggunakan Kriteria D-Optimal untuk Respon Ordinal Berbasis *Web* dengan *R Shiny Web Framework*. Dibimbing oleh UTAMI DYAH SYAFITRI dan AGUS MOHAMAD SOLEH.

Rancangan percobaan merupakan salah satu analisis statistika yang sering digunakan pada dunia industri farmasi dan makanan. Rancangan percobaan yang digunakan untuk formulasi produk adalah rancangan campuran. Pada umumnya, penentuan formulasi terbaik dilakukan secara *trial and error* yang tentunya membutuhkan waktu serta biaya yang relatif besar. Rancangan campuran diperlukan untuk sektor industri, seperti industri farmasi dan makanan. Rancangan campuran merupakan rancangan dimana faktornya berupa proporsi dan jumlah proporsi untuk semua bahan adalah satu. Rancangan campuran melibatkan campuran dua atau lebih bahan berdasarkan definisi model yang ditentukan.

Respon pada rancangan campuran dapat berupa data numerik atau data kategorik. Evaluasi terhadap produk untuk mengukur kualitas biasanya menggunakan skala likert yang termasuk dalam skala ordinal. Literatur yang membahas respon data kategorik dalam rancangan campuran masih terbatas. Penelitian terkait evaluasi produk dengan skala likert yang didasarkan pada rancangan campuran telah dilakukan. Model yang berhubungan dengan respon ordinal yang merupakan model non-linier adalah model *proportional odds*. Penelitian terkait model *proportional odds* dengan mengembangkan algoritma *point-exchange* yang menggunakan paket program R telah dilakukan. Algoritma yang dikembangkan masih sebatas program dalam R, sehingga diperlukan pengembangan perangkat lunak yang *user friendly* atau mudah digunakan.

Penggunaan perangkat lunak sangat membantu manusia dalam menyelesaikan permasalahan yang ada saat ini. Salah satu perangkat lunak statistika yang gratis dan dapat membuat aplikasi berbasis *website* adalah R. R merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk analisis statistika yang berbasis pemrograman. Penentuan formulasi rancangan optimal pada rancangan campuran telah ada pada beberapa perangkat lunak berlisensi komersil, namun masih terbatas pada model linier dengan respon data numerik. Permasalahan utama dalam rancangan campuran adalah adanya multikolinieritas sehingga perlu penyesuaian dalam pendugaan parameter. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan di atas yaitu, mengembangkan aplikasi berbasis *website* dengan tampilan antarmuka untuk memudahkan penggunaannya. Berdasarkan permasalahan di atas, tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan aplikasi rancangan campuran menggunakan kriteria D-optimal untuk respon ordinal berbasis *web* dengan *R shiny web framework*.

Pada penelitian ini, kasus yang digunakan adalah campuran tiga bahan. Terdapat batasan-batasan formulasi bahan, yaitu pada bahan 1 (x_1), $x_1 \geq 0.1$, bahan 2 (x_2), $x_2 \leq 0.1$, dan bahan 3 (x_3), $x_3 \leq 0.6$. Langkah-langkah pembuatan aplikasi pada penelitian ini yang pertama adalah analisis kebutuhan, pada tahap ini peneliti menganalisis kebutuhan atau fitur-fitur apa saja yang diperlukan pada aplikasi ini. Kebutuhan pada aplikasi yang akan dibuat adalah menampilkan hasil

maximum determinant, menampilkan tabel hasil rancangan yang optimum dan menampilkan plot rancangan yang optimum. Kedua adalah analisis perancangan sistem, tahap awal perancangan sistem adalah dengan pembuatan diagram aliran data. Diagram aliran data dibuat mulai dari level yang paling rendah sampai dengan level terakhir sampai tidak bisa didekomposisi lagi. Ketiga adalah tahap pengujian sistem, pada tahap ini dilakukan dengan melihat apakah hasil yang dikeluarkan oleh sistem sesuai dengan input tertentu. Pengujian ini dapat melihat apakah fungsi-fungsi dalam aplikasi telah berjalan sebagaimana mestinya.

Aplikasi yang dibuat dinamakan Aplikasi *Mixture Design*, pembuatan aplikasi berbasis *web* ini menggunakan perangkat lunak R dengan bantuan *library Shiny*, dan *mixexp*. Aplikasi *Mixture Design* memiliki fungsi untuk menentukan rancangan yang optimal dengan respon data kategorik. Adapun fitur yang ada dalam aplikasi ini yaitu menampilkan hasil *maximum determinant* sedangkan fungsi yang dibuat untuk mendapatkan hasil *maximum determinant* adalah `max(detmax)`. Kemudian menampilkan tabel hasil rancangan yang optimum, adapun fungsi yang dibuat untuk mendapatkan tabel hasil rancangan yang optimum adalah `XR<-cbind(as.vector(XR1),as.vector(XR2),as.vector(XR3))`. Kemudian menampilkan plot rancangan yang optimum, adapun fungsi yang dibuat untuk mendapatkan plot rancangan yang optimum adalah `DesignPoints(x = tabel$V3, y = tabel$V2, z = tabel$V1)`. Aplikasi *Mixture Design* memiliki empat menu yaitu Menu Home, Menu Data, Menu Optimal Design, dan Menu About. Pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa aplikasi mampu berjalan dengan baik sesuai dengan fungsinya. Adapun keterbatasan dari aplikasi yang telah dibuat yaitu, aplikasi ini dirancang hanya menggunakan tiga bahan, menggunakan enam kategori respon, dan menggunakan model kuadratik.

Kata kunci: Rancangan Campuran, Model *Proportional Odds*, *RShiny*

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

SUMMARY

PRATAMA YULY NUGRAHA. Development of Web-Based Mixture Design Application Using D-optimality Criterion for Ordinal Respond with R Shiny Web Framework. Supervised by UTAMI DYAH SYAFITRI and AGUS MOHAMAD SOLEH.

Experimental design is a statistical analysis often used in the pharmacy and food industries. The experimental design used for product formulation is a mixture design. In general, the determination of the best formulation is done by trial and error which of course requires time and relatively large costs. Mixture experimental designs are necessary for the industrial sector, such as the pharmacy and food industries. A mixture design is an experimental assumes that the proportions of these ingredients affect the observed response. The mixture experiments involve more than two ingredients based on the definition model.

Responses used in mixed designs generally use numerical data or categorical data. To evaluate the quality of the product, the researchers use the likert scale. Some literature address that the likert scale belongs to the ordinal scale. Limited literature addressed the ordinal response for mixture designs to the best of our knowledge. Research related to product evaluation with a Likert scale based on a mixture design has been carried out. The model related to the ordinal response, which is a non-linear model, is the proportional odds model. Research related to proportional odds model by developing a point-exchange algorithm using the R program package has been carried out. The algorithm was in the software R; hence software development that is user friendly or easy to use is needed.

The use of the software is beneficial for humans in solving problems that exist today. One of the statistical software that is free and can create web-based applications is R. R is software used for statistical analysis based on programming. Determination of the optimal design formulation in mixture designs exists in several commercially licensed software. However, it is still limited to linear models with numerical data responses. The main problem in mixture design is the existence of multicollinearity so that adjustments are needed in parameter estimation. To overcome the problems was developing a website-based application with an interface to make it easier for users. The research goal was. To and create a mixed design application using the D-optimality criterion for web-based ordinal responses with an R shiny web framework.

In this study, the case involved three ingredients. The constraints of the ingredients where t, the proportion of ingredient one is at least 0.1 ($x_1 \geq 0.1$), the proportion of ingredient two at least 0.1 ($x_2 \leq 0.1$), dan the proportion of ingredient three at least 0.6 ($x_3 \leq 0.6$). There were three steps to develop the application. First, ,analyzing the requirements or what features are needed in this application. The application needs to be made application needs to be made to show the maximum determinant results, display a table of optimum design results, and display the optimum design plot. Application's requirement is to display the maximum determinant result, display a table of optimum design result. Second, developing a diagram, starting from the first level until the last level. Third developing the testing system to check ,the output was related to Rahayu (2019).

The application created is called the Mixture Design Application. The web-based application using R software the “Shiny”, “mixexp” library. The R algorithm developed by Rahayu (2019) is embedded in R-shiny. The determining of this application is display the maximum determinant result, while the function created to get the maximum determinant result is $\max(\detmax)$. Then display the table of optimum design results, while the functions that are made to get the table of optimum design results are $XR <- cbind(as.vector(XR1), as.vector(XR2), as.vector(XR3))$. Then displays the optimum design plot, while the function that is made to get the optimum design plot is $DesignPoints(x = table\$V3, y = table\$V2, = table\$V1)$. The Mixture Design application has four menus, namely the Home Menu, Data Menu, Optimal Design Menu, and About Menu. The tests carried out show that the application can run properly according to its function. The limitations of the application that have been made are, this application is designed using only three materials, six response categories, and a quadratic model.

Keywords: *Mixture Design, Proportional Odds Model, Shiny*



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2022
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PENGEMBANGAN APLIKASI RANCANGAN CAMPURAN MENGUNAKAN KRITERIA D-OPTIMAL UNTUK RESPON ORDINAL BERBASIS WEB DENGAN R SHINY WEB FRAMEWORK

PRATAMA YULY NUGRAHA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Statistika Terapan

**PROGRAM STUDI STATISTIKA TERAPAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2022**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tesis:
Dr. Ir. Anik Djuraidah, MS.



Judul Tesis : Pengembangan Aplikasi Rancangan Campuran Menggunakan Kriteria D-Optimal untuk Respon Ordinal Berbasis Web dengan R Shiny Web Framework.
Nama : Pratama Yuly Nugraha
NIM : G152180191

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Dyah Utami Syafitri, S.Si., M.Si

Pembimbing 2:
Dr. Agus Mohamad Soleh, S.Si., M.T.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Kusman Sadik, S.Si., M.Si
NIP. 19690912 199702 1 001

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam:
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.
NIP. 19780723 200701 1 001



Tanggal Ujian:
9 Mei 2022

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Keberhasilan pembuatan tesis ini tentunya tidak terlepas dari pihak-pihak yang membantu baik pengajaran, bimbingan dan arahan dalam memberikan dukungannya selama penelitian berlangsung. Oleh karena itu, penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

Ibu Dr. Utami Dyah Syafitri, M.Si dan Bapak Dr. Agus M Soleh, SSi, MT selaku pembimbing atas bimbingan, arahan, serta saran yang telah diberikan kepada penulis, juga kepada Ibu Dr. Ir. Anik Djuraidah, MS selaku dosen penguji tesis yang telah memberikan banyak saran dan arahan.

Kedua orang tua yang selalu mendukung dan mendoakan penulis dengan tulus. Seluruh civitas akademik Departemen Statistika IPB, teman-teman STT 2018 atas bantuan dan kebersamaannya.

Penulis menyadari kekurangan dan keterbatasan dalam penulisan tesis ini. Semoga tesis ini bermanfaat serta dapat menambah wawasan untuk semua orang.

Bogor, Juni 2022

Pratama Yuly Nugraha

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Rancangan Campuran	3
2.2 Penentuan Titik Rancangan	4
2.3 Model Linier Pada Rancangan Campuran	5
2.4 Model Ordinal Logistik Rancangan Campuran	6
2.5 Kriteria Rancangan D-Optimal	6
2.6 Kriteria Rancangan D-Optimal untuk Model Ordinal Logistik	7
2.7 <i>Shiny Framework</i>	8
III METODE PENELITIAN	9
3.1 Data	9
3.2 Prosedur Analisis Data	9
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 Analisis Kebutuhan Sistem	12
4.2 Analisis Perancangan Sistem	12
4.3 Implementasi	14
4.4 Pengujian	15
4.5 Pengujian Modul	14
V SIMPULAN	17
5.1 Simpulan	19
DAFTAR PUSTAKA	20
LAMPIRAN	21
RIWAYAT HIDUP	32



DAFTAR TABEL

1. Batasan Formulasi Bahan	9
2. Hasil Titik Rancangan Optimal	16

DAFTAR GAMBAR

1. Daerah simpleks pada rancangan campuran	3
2. Rancangan simpleks <i>lattice</i> {3,2}	4
3. Rancangan simpleks <i>centroid</i> {3,3}	5
4. Daerah rancangan untuk formulasi bahan	9
5. <i>Library</i> /Paket yang digunakan untuk membuat aplikasi	12
6. Diagram aliran data level 0	12
7. Diagram aliran data level 1	13
8. Diagram aliran data level 2 proses 2	13
9. Tampilan antarmuka menu data	14
10. Tampilan antarmuka menu optimal design	15
11. Tampilan data berhasil diunggah	17
12. Tampilan hasil determinan maksimum dan tabel rancangan optimum	17
13. Tampilan hasil rancangan plot optimal	18

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Percobaan memegang peran penting dalam komersialisasi teknologi dan kegiatan realisasi produk. Dalam rangka peningkatan kualitas produk maka perlu dilakukan rancangan percobaan. Hal tersebut merupakan proses yang penting untuk menghasilkan produk baru yang berkualitas. Perancangan percobaan adalah serangkaian uji dimana perubahan yang berasal dari peubah input dari suatu proses sehingga dapat mengidentifikasi alasan-alasan perubahan dari output responnya (Montgomery 2001).

Pada umumnya, produk yang baik didapatkan dengan melakukan *trial and error* terhadap penggunaan dua atau lebih komponen (bahan) yang tentunya akan membutuhkan waktu dan biaya yang relatif besar. Salah satu rancangan percobaan yang dapat dilakukan untuk meminimalkan *trial and error*, dengan melakukan percobaan terstruktur/sistematis yang dikenal dengan perancangan percobaan. Salah satu rancangan percobaan yang digunakan untuk formulasi produk adalah rancangan campuran.

Rancangan campuran adalah rancangan dimana respon tergantung dari proporsi bahan yang digunakan. Rancangan campuran merupakan rancangan yang melibatkan campuran dua atau lebih bahan. Ciri utama dari rancangan campuran adalah faktor pada rancangan campuran berupa komponen atau bahan-bahan yang digunakan dengan tarafnya berupa proporsi dan jumlah proporsi untuk semua faktor harus sama dengan satu (Cornell 2002).

Rancangan campuran banyak diaplikasikan pada bidang industri, sebagaicontoh seperti di bidang pangan/makanan, dan farmasi. Pada industri pangan terdapat *sensory test* (uji sensori) yang menggunakan indra manusia sebagai instrumennya. Uji sensori merupakan salah satu uji secara subjektif dalam mengevaluasi produk pangan, pengukurannya biasanya menggunakan skala liker. Skala likert ini termasuk dalam skala pengukuran ordinal yang merupakan data kategorik. Mancenido (2016) melakukan pendugaan parameter untuk respon yang ordinal pada rancangan campuran. Analisa data dengan model linear pada rancangan campuran dimana responnya kategorik menghasilkan kebaikan model yang rendah. Mancenido (2016) melakukan analisa data untuk respon yang kategorik pada rancangan campuran dengan pendekatan model proportional odds. Hal menarik dari rancangan campuran adalah adanya multikolinier sehingga perlu dilakukan penyesuaian terhadap pendugaan parameternya.

Penelitian terdahulu terkait rancangan campuran dengan respon data kategorik telah dilakukan oleh Andani (2019) dan Rahayu (2019). Andani (2019) melakukan kajian penentuan rancangan optimal dengan menggunakan model linier untuk respon numerik maupun respon ordinal. Rancangan yang digunakan mencakup rancangan *Simplex-lattice*, rancangan *Simplex-centroid*, rancangan D-optimal, serta rancangan I-optimal menggunakan perangkat JMP, dimana respon diasumsikan numerik. Pada kajian tersebut diperoleh bahwa rancangan menggunakan model linier dengan kriteria I-optimal dan model nonlinier dengan

kriteria D-optimal adalah yang paling baik untuk semua kasus. Selanjutnya Rahayu (2019) membangun algoritma *point-exchange* untuk menentukan rancangan D-optimal berdasarkan model nonlinier yang diimplementasikan dalam perangkat lunak R. Rancangan D-optimal yang didasarkan pada model proportional odds lebih optimal dibandingkan dengan rancangan yang didasarkan pada model linier. Algoritma *point-exchange* yang dilakukan oleh Rahayu (2019) belum terimplementasikan ke dalam perangkat lunak komersi, sehingga diperlukan pengembangan perangkat lunak yang lebih *user friendly*.

Penggunaan perangkat lunak sangat membantu manusia dalam menyelesaikan permasalahan yang ada saat ini. Penentuan formulasi rancangan optimal pada rancangan campuran telah ada pada beberapa perangkat lunak berlisensi komersil, namun masih terbatas pada model linier dengan respon data numerik. Perangkat lunak untuk menentukan formulasi rancangan optimal dengan respon data kategorik masih belum ada. Solusi untuk mengatasi permasalahan di atas yaitu, mengembangkan aplikasi berbasis *web* dengan tampilan antarmuka untuk memudahkan penggunaanya. Salah satu perangkat lunak statistika yang gratis dan dapat membuat aplikasi berbasis *web* adalah R dengan paket *Shiny*. Banyak *framework* yang dapat digunakan untuk membangun aplikasi berbasis *website*, salah satunya adalah *Shiny Web Framework*. *Shiny* sangat mudah digunakan untuk mengembangkan dan membangun aplikasi berbasis *website* yang lebih interaktif (Beeley 2013).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengembangkan aplikasi rancangan campuran dengan respon ordinal yang optimal berbasis *website* dengan metode *framework shiny* dari perangkat lunak R.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rancangan Campuran

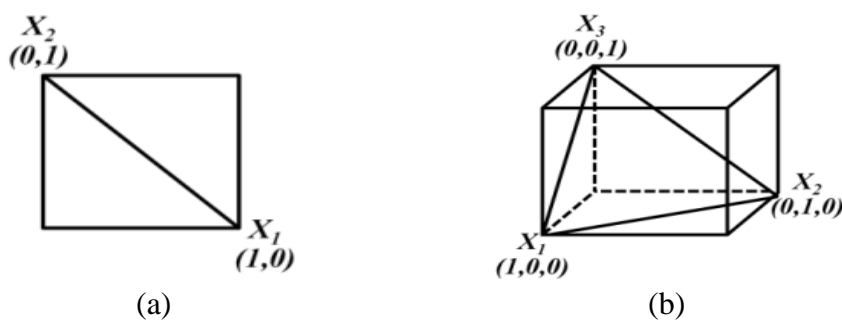
Rancangan campuran adalah rancangan respon yang diukur hanya bergantung pada proporsi komponen dalam campuran bukan pada jumlah campurannya (Cornell 2002). Contohnya yaitu campuran kue yang terbuat dari tepung, telur, dan air, campuran beton yaitu pasir, air, dan semen dan sebagainya. Jika proporsi dari campuran adalah x_i dan terdapat q komponen di dalam campuran, maka akan memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$0 \leq x_i \leq 1, i = 1, 2, 3, \dots, q \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^q x_i = 1 \quad (2)$$

Simbol i menyatakan banyak bahan dalam campuran dan x_i menyatakan proporsi untuk komponen ke- i . Suatu campuran yang terdiri dari beberapa bahan yang berbeda dapat melihat seberapa besar pengaruh proporsi masing-masing bahan dalam campuran. Persamaan (1) dan (2) secara geometrik menyebabkan titik q komponen terletak pada batas ruang simpleks berukuran $(q-1)$.

Berdasarkan persamaan (1) proporsi dari q bahan dapat digambarkan pada ruang simpleks berdimensi $(q-1)$. Sistem koordinat yang digunakan untuk menggambar proporsi setiap bahan, $x_i, i = 1, 2, \dots, q$ pada ruang simpleks dikenal sebagai sistem koordinat simpleks (Cornell 2002). Sebagai ilustrasi jika $q = 2$, maka $x_1 + x_2 = 1$ digambarkan pada ruang simpleks berdimensi 1 yang berupa garis lurus yang disajikan pada Gambar 1(a). Jika $q = 3$, maka $x_1 + x_2 + x_3 = 1$ digambarkan pada ruang simpleks berdimensi 2 yang berupa segitiga sama sisi yang disajikan pada Gambar 1(b). Untuk campuran yang terdiri lebih dari tiga komponen bentuk geometris cenderung agak sulit digambarkan, misalnya campuran yang terdiri dari empat bahan maka membentuk pola tetrahedron (Goos dan Jones 2011).



Gambar 1 Daerah simpleks pada rancangan campuran (Rahayu 2019)

2.2 Penentuan Titik Rancangan

Terdapat dua rancangan klasik dalam rancangan campuran yang sering digunakan untuk penentuan titik rancangan pada ruang simpleks yaitu *simplex-lattice design* dan *simplex-centroid design* (Cornell 2002).

a. Rancangan *Simplex-Lattice*

Rancangan *Simplex-Lattice* yaitu rancangan campuran dimana respon yang dihasilkan berasal dari pengaruh tunggal atau kombinasi dua komponen. Rancangan ini dideskripsikan dengan $\{q, m\}$, dimana q merupakan komponen dalam rancangan campuran dan m merupakan urutan dari model rancangan campuran, sehingga proporsi dari rancangan *simplex lattice* yaitu

$$\left\{0, \frac{1}{m}, \frac{2}{m}, \dots, 1\right\} \quad (3)$$

Banyaknya titik-titik rancangan *simplex lattice* $\{q, m\}$ yaitu, (Cornell 2002)

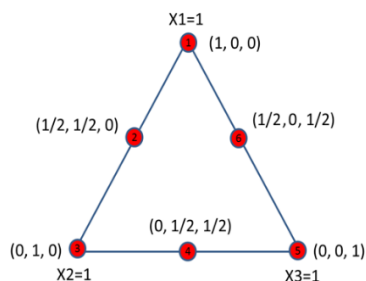
$$N = \frac{(q + m - 1)!}{m!(q - 1)!} \quad (4)$$

Misalkan akan dirancang *simplex lattice* yang digambarkan pada Gambar 2(a) dengan simpleks $\{q, m\} = \{3, 2\}$ yang artinya bahan sebanyak 3 dengan model polinomial kanonik derajat dua maka diperoleh titik rancangan seperti berikut :

$$N = \frac{(3 + 2 - 1)!}{2!(3 - 1)!} = \frac{4!}{2!(2)!} = 6$$

Dengan proporsi $(x_1, x_2, x_3) = \left\{(1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1), \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0\right), \left(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}\right), \left(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)\right\}$

Maka akan menggambarkan ruang simpleks berdimensi 2 yang digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Rancangan *simplex lattice* $\{3, 2\}$

b. Rancangan *Simplex-Centroid*

Simplex centroid designs yaitu rancangan campuran dimana respon yang dihasilkan bukan hanya berasal dari pengaruh tunggal dan kombinasi dua komponen tetapi juga dari pengaruh tiga komponen di titik tengah. *Simplex*

centroid design ini juga salah satu bentuk pengembangan dari *simplex lattice design*. Banyaknya titik rancangan *simplex-centroid* yaitu, (Cornell 2002):

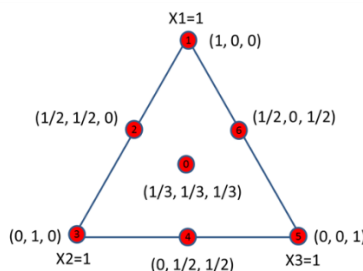
$$\binom{q}{1} + \binom{q}{1} + \dots + \binom{q}{q} = 2^q - 1 \quad (5)$$

Misalkan akan dirancang *simplex centroid* yang digambarkan pada Gambar 3 dengan $q=3$ maka diperoleh titik rancangan yang terbentuk seperti berikut:

$$\binom{3}{1} + \binom{3}{2} + \binom{3}{3} = 2^3 - 1 = 7$$

Dengan proporsi $(x_1, x_2, x_3) = \left\{ (1,0,0), (0,1,0), (0,0,1), \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0\right), \left(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}\right), \left(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right), \left(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}\right) \right\}$

Maka akan menggambarkan ruang simpleks berdimensi 2 yang digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 3 Rancangan *simplex centroid* {3,3}

2.3 Model Linier Pada Rancangan Campuran

Shefee (1958) menyusun beberapa bentuk model untuk rancangan campuran yang dikenal dengan model kanonik atau model campuran Shefee. Model terdiri dari bentuk derajat yang berbeda untuk menjelaskan fungsi respon $\eta(x)$:

Model linier :

$$\eta(x) = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i \quad (6)$$

Model kuadratik :

$$\eta(x) = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i + \sum_{i<j}^q \beta_{ij} x_i x_j \quad (7)$$

Model Kubik :

$$\eta(x) = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i + \sum_{i<j}^q \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i<j<k}^q \beta_{ijk} x_i x_j x_k \quad (8)$$

$$\eta(x) = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i + \sum_{i<j}^q \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i<j<k}^q \beta_{ijk} x_i x_j x_k + \sum_{i<j}^q \beta_{ij} x_i x_j (x_i - x_j) \quad (9)$$

2.4 Model Ordinal Logistik Rancangan Campuran

Mancenindo (2016) melakukan penelitian menggunakan rancangan D-optimal dengan memanfaatkan model proportional odds. Rancangan campuran yang klasik digunakan pada rancangan dengan respon data kategorik, hasil analisisnya menjadi kurang tepat karena model yang digunakan tidak lagi model linier. Salah satu model yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah respon yang berskala ordinal adalah model regresi logistik ordinal. McCullagh (1980) mengusulkan beberapa bentuk model logit kumulatif untuk regresi logistik ordinal, namun yang paling sederhana dan paling banyak digunakan adalah model regresi logistik ordinal adalah model proporsional odds.

Pada rancangan campuran dengan p komponen dimana $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_p)'$ dan Y adalah respon yang berskala ordinal dengan C kategori, model yang paling sederhana untuk digunakan adalah model proportional odds (McCullagh, 1980):

$$\text{logit } P(Y \leq j) = \eta_{ij} = \log \frac{P(Y \leq j)}{P(Y > j)} = \alpha_j + \beta' \mathbf{x}, \quad j = 1, 2, \dots, J-1$$

dengan $i = 1, 2, \dots, n$ dan $j = 1, 2, \dots, J-1$ artinya jika terdapat 6 kategori maka akan terbentuk 5 model logit dengan salah satu sebagai kategori pembanding, serta $P(Y \leq j)$ adalah peluang kumulatif dari kategori yang kurang dari kategori ke- j dan \log adalah sebagai fungsi penghubung. Matriks rancangan pada rancangan campuran dengan menggunakan model *proportional odds* diperoleh jika model tersebut ditulis dalam bentuk linier sebagai berikut.

$$\eta_{cijk} = \alpha_j + \sum_{i=1}^p \beta_i x_i + \sum \sum_{i<j}^p \beta_{ij} x_i x_j + \sum \sum \sum_{i<j<k}^p \beta_{ijk} x_i x_j x_k + \dots + \beta_{12\dots p} x_i x_j \dots x_p \quad (10)$$

2.5 Kriteria Rancangan D-Optimal

Kriteria untuk mencari kriteria rancangan yang optimal, yaitu kriteria D-Optimal. Kriteria D-Optimal merupakan kriteria yang lebih menekankan pada kualitas estimasi parameter yang bisa ditunjukkan oleh nilai dari $\text{Var}(\hat{\beta})$. Tujuan dari kriteria D-Optimal ini adalah untuk mendapatkan nilai $\text{Var}(\hat{\beta})$ yang minimum dengan cara memaksimalkan determinan matriks informasi atau meminimalkan determinan invers matriks informasi (Atkinson *et al.* 2007). Matriks informasi dilambangkan dengan \mathbf{M} yang dinyatakan sebagai berikut:

$$\mathbf{M} = \mathbf{X}'\mathbf{X} \quad (11)$$

X adalah matriks yang berukuran $n \times p$ dengan n adalah banyaknya titik rancangan dan p adalah banyaknya koefisien parameter pada model. Atkinson *et al.* (2007) menyatakan bahwa perhitungan efisiensi untuk kriteria D-optimal adalah D-efisiensi untuk dua rancangan, yaitu:

$$D_{eff} = \left(\frac{|M_1|}{|M_2|} \right)^{\frac{1}{p}} \quad (12)$$

dimana M_1 adalah matriks informasi pertama, M_2 adalah matriks informasi kedua, dan p adalah jumlah koefisien pada model. Jika diperoleh nilai D-efisiensi > 1 maka rancangan pertama lebih baik dari rancangan kedua.

2.6 Kriteria Rancangan D-Optimal untuk Model Ordinal Logistik

Model *proportional odds* efektif untuk membangun rancangan optimal dengan melibatkan perhitungan ulang dari matriks informasi. Matriks informasi pada model *proportional odds* dinyatakan sebagai berikut:

$$M = X'WX \quad (13)$$

dengan W adalah matriks pembobot. Menurut Mancenido (2016), matriks X dan pembobot matriks (W) merupakan matriks tri-diagonal yang simetrik yang dapat ditulis sebagai berikut:

$$X_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & x'_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 & x'_i \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x'_i \end{bmatrix}$$

$$W_i = \begin{bmatrix} u_{i1} & -b_{i2} & 0 & \dots & 0 \\ -b_{i2} & u_{i2} & -b_{i3} & \dots & 0 \\ 0 & -b_{i3} & \ddots & \ddots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & -b_{ij-1} \\ 0 & 0 & 0 & -b_{ij-1} & u_{ij-1} \end{bmatrix}$$

dalam hal ini:

$$u_{it} = g_{it}^2 (\pi_{it}^{-1} + \pi_{i,t+1}^{-1}), \quad i = 1, \dots, m; \quad t = 1, \dots, J-1$$

$$b_{it} = g_{it-1} g_{it} \pi_{it}^{-1}, \quad i = 1, \dots, m; \quad t = 2, \dots, J-1, (J \geq 3)$$

$$\pi_{it} = \frac{\exp(\eta_{ij})}{1 + \exp(\eta_{ij})}, \quad j = 1, 2, \dots, J$$

$$g_{ij} = (\pi_{it})(1 - (\pi_{it}))$$

Fungsi $g_{ij} = (g^{-1})'(\eta_{ij})$ dan η_{ij} adalah fungsi linear dari peubah bebas untuk $i = 1, 2, \dots, N$ dan $j = 1, 2, 3$. Selanjutnya, $g(\cdot)$ adalah fungsi penghubung. Pada model *proportional odds*, $g(\cdot) = \log \frac{P_j}{(1-P_j)}$ dimana $P_j = P(Y \leq j)$. Selanjutnya pada fungsi penghubung untuk logistin digunakan $(g^{-1})'(\eta_{ij}) = \frac{\exp(\eta_{ij})}{1+\exp(\eta_{ij})}$ dan $(g^{-1})'(\eta_{ij}) = (g^{-1}(\eta_{ij}))(1 - (g^{-1}(\eta_{ij})))$.

Formula untuk menghitung u_{it} dan b_{it} membutuhkan nilai-nilai parameter dari model. Hal ini merupakan masalah utama yang dihadapi dalam menyusun rancangan D-optimal menggunakan model non-linear. Oleh karena itu harus ditentukan dugaan parameter terlebih dahulu (Wirda, 2019). Salah satu cara untuk menduga nilai parameter yang tidak diketahui sebelumnya adalah menggunakan metode Bayes. Metode ini juga digunakan oleh Mancenido (2016) dalam menduga parameter pada model *proportional odds*. Pendekatan Bayesian mengasumsikan suatu prior dengan sebaran tertentu, bukan menggunakan suatu nilai parameter saja. Parameter awal (prior) dapat diasumsikan mengikuti sebaran seragam sehingga $\beta \sim U(a, b)$.

2.7 Shiny Framework

R merupakan perangkat lunak statistika berbasis *open source* dan berbasis pemrograman, sehingga tidak semua orang terbiasa untuk menggunakannya. R menjadi alat untuk analisis statistika bagi statistisi. Namun penggunaan R untuk analisis statistika masih sedikit karena perangkat lunak ini tidak mudah digunakan khususnya bagi yang belum terlalu paham dengan statistika dan pemrograman.

Shiny adalah sebuah package dari bahasa pemrograman R yang memudahkan pengguna dalam membangun aplikasi berbasis *web*. Shiny memberikan queries dan ringkasan data kepada pengguna melalui *web browser* yang modern dengan mudah (Suci 2015). Selain itu, Shiny juga dilengkapi dengan berbagai widget untuk membangun antarmuka pengguna yang interaktif dan dapat dengan mudah diintegrasikan dengan HTML maupun CSS, bahkan JavaScript dan JQuery dapat digunakan untuk memperluas cakupan aplikasi Shiny (Beely 2013).

Shiny membuat sangat mudah untuk membangun aplikasi web interaktif dengan R. Fungsi reaktif yang otomatis mengikat antara input dan output dan bermacam-macam widget pada Shiny memungkinkan untuk membangun aplikasi yang user friendly, responsif, dan baik dengan mudah (RStudio 2020).

III METODE PENELITIAN

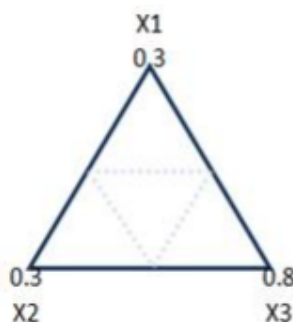
3.1 Data

Pada penelitian ini, studi kasus yang digunakan adalah campuran dengan tiga bahan yaitu bahan 1, bahan 2, dan bahan 3. Persentase bahan 1 adalah (x_1), presentasi bahan 2 adalah (x_2), dan persentase bahan 3 adalah (x_3). Adapun batasan-batasan pada bahan untuk studi kasus ini disajikan pada Tabel 1. Batasan yang ada menyebabkan daerah rancangan percobaan merupakan bagian dari simplex.

Tabel 1 Batasan Formulasi Bahan

Component	Case
1	$x_1 \geq 0.1$
2	$x_2 \leq 0.1$
3	$x_3 \leq 0.6$

Berdasarkan Tabel 1, daerah rancangan dari percobaan campuran dapat terlihat pada Gambar 4. Daerah rancangan yang terbentuk adalah garis lurus dan segitiga yang merupakan bagian dari daerah keseluruhan simplex.



Gambar 4. Daerah rancangan untuk formulasi bahan

3.2 Prosedur Analisis Data

Langkah-langkah analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis Kebutuhan

Tahapan ini merupakan proses pengembangan spesifikasi perangkat lunak dengan menggali kebutuhan sistem dan memperhatikan perangkat lunak yang sudah ada. Analisis kebutuhan sistem sangat dibutuhkan dalam mendukung kerja sistem yang digunakan untuk membantu jalannya proses pembuatan sistem. Dibagian ini akan dibagi menjadi dua bagian yaitu analisis kebutuhan fungsional dan analisis kebutuhan non-fungsional.

a. Analisis Kebutuhan Fungsional

Analisis kebutuhan fungsional adalah kebutuhan atau fitur-fitur apa saja yang akan disediakan pada perangkat lunak ini. Fitur-fitur tersebut antara lain:

1. Sistem dapat menampilkan menu utama
2. Sistem dapat membuat rancangan campuran
3. Sistem dapat menampilkan hasil *maximum determinant*
4. Sistem dapat menampilkan hasil titik-titik rancangan optimal
5. Sistem dapat menampilkan plot berdasarkan titik-titik rancangan optimal

Dalam hal ini peneliti menganalisa perangkat lunak yang sudah ada seperti Minitab, JMP, dan R.

b. Analisis Kebutuhan Non Fungsional

Analisis kebutuhan non fungsional adalah sebuah kebutuhan yang dilakukan untuk mengetahui spesifikasi kebutuhan dan kelayakan dari sebuah sistem atau aplikasi yang dibuat.

1. Kebutuhan perangkat keras (*hardware*)

Spesifikasi perangkat keras yang digunakan dalam pembuatan perangkat lunak ini adalah sebagai berikut:

- a. Processor : Intel ® Core i5 8250U CPU @ 3,4 GHz
- b. Memory : 4 GB
- c. HDD : 1 Terabyte
- d. VGA : NVIDIA GEFORCE GT 930 MX

2. Analisis Perancangan Sistem

Tahapan perancangan sistem dilakukan dengan merancang sistem yang sudah didefinisikan dengan menyusun tampilan antarmuka pengguna. Rancangan tampilan antarmuka pengguna merupakan rancangan visual bagaimana pengguna melakukan perintah sesuai prosedur dalam menyelesaikan tugas- tugasnya. Pada tahap ini menggunakan diagram aliran data yang bertujuan untuk menggambarkan aliran data dari sebuah proses yang sering disebut dengan sistem informasi. Proses bertujuan untuk mendefinisikan tiap-tiap level aliran data hingga tidak dapat dikomposisi lagi.

Aplikasi yang dibuat dinamakan *Mixture Design*, adapun batasan dari aplikasi yang dibuat yaitu menggunakan respon data kategorik dengan enam kategori dengan campuran tiga bahan. Aplikasi yang akan dirancang memiliki empat menu, yaitu Menu Home, Menu Data, Menu *Optimal Design*, dan Menu About. Pada aplikasi *Mixture Design* yang akan dibuat menggunakan program yang telah dibangun oleh Rahayu (2019).

Langkah-langkah untuk mendapatkan titik-titik rancangan yang optimal yaitu, pregame pengguna harus menginput nilai parameter terlebih dahulu. Pada penelitian ini peneliti menggunakan parameter yang telah dibangun oleh Rahayu (2019). Kedua menginput nilai iterasi, pada proses menginput iterasi ini sesuai dengan kebutuhan pengguna. Pada penelitian ini peneliti menggunakan iterasi sebanyak 10.000 iterasi.

3. Pengujian sistem

Pada tahapan ini unit sistem yang telah dirancang akan disatukan menjadi satu kesatuan program. Program yang telah disusun akan diuji untuk memastikan apakah program tersebut dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan

kebutuhan pengguna. Pengujian sistem atau pengujian aplikasi yang telah dibuat hanya menggunakan penilaian subjektif, dikarenakan belum adanya aplikasi yang mengakomodir rancangan campuran dengan respon data kategorik.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kebutuhan

Aplikasi rancangan campuran yang dibangun memiliki empat menu yaitu menu home, menu data, menu *optimal design*, dan menu about. Aplikasi telah dibuat dinamakan *Mixture Design*. Terdapat menu utama pada aplikasi *Mixture Design*, yaitu *Optimal Design*. Pada menu *Optimal Design* berfungsi untuk merancang *design* yang optimal dengan menggunakan kriteria *D-Optimal design* untuk respon yang ordinal. Berikut kebutuhan sistem yang disediakan oleh aplikasi *Mixture Design* untuk respon ordinal, yaitu :

1. Menampilkan hasil *Maximum Determinant*
2. Menampilkan hasil *Minimum Determinant*
3. Menampilkan tabel hasil rancangan yang optimum
4. Menampilkan Plot rancangan yang optimum

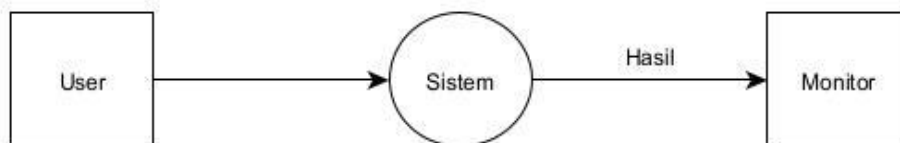
```
library(shiny)
library(mixexp)
library(AlgDesign)
```

Gambar 5 Library/Paket yang digunakan untuk membuat aplikasi

Gambar 4 merupakan beberapa paket R yang digunakan untuk membuat aplikasi *Mixture Design*, paket tersebut merupakan paket yang menunjang pengembangan aplikasi mixture design. Paket tersebut terdiri dari, *shiny*, *mixexp*, dan *AlgDesign*. Paket *shiny* merupakan paket yang digunakan untuk membuat tampilan antarmuka aplikasi mixture design, yang di dalamnya terdapat *user interface* (ui) dan *server*. *User Interface* (ui) merupakan fungsi yang mendefinisikan tampilan web dari aplikasi yang akan dibuat. Fungsinya memuat seluruh input dan output yang akan ditampilkan dalam aplikasi. *Server* merupakan fungsi yang mendefinisikan logika kerja analisis dari sisi *server* pada aplikasi. Kemudian paket *mixexp* merupakan paket yang digunakan untuk membuat plot design dengan fungsi *DesignPoints*.

4.2 Analisis Perancangan Sistem

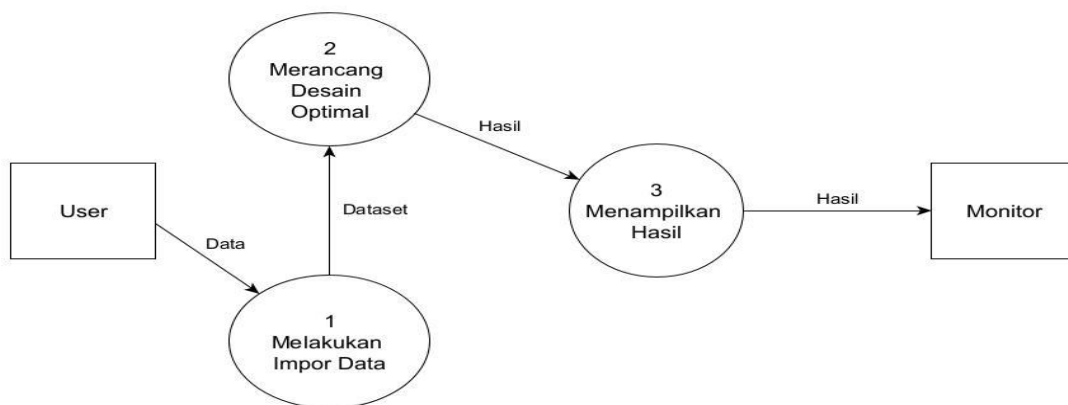
Tahap awal perancangan sistem ialah dengan pembuatan diagram aliran data. Diagram aliran data dibuat mulai dari level yang paling rendah sampai dengan level terakhir sampai tidak bisa didekomposisi lagi.



Gambar 6 Diagram aliran data level 0

Diagram aliran data level 0 merupakan diagram dengan tingkatan paling rendah. Pada Gambar 6 menjelaskan bahwa aplikasi *Mixture Design*

memungkinkan pengguna memasukkan data ke sistem dan menerima hasil pengolahan data yang akan ditampilkan pada monitor.

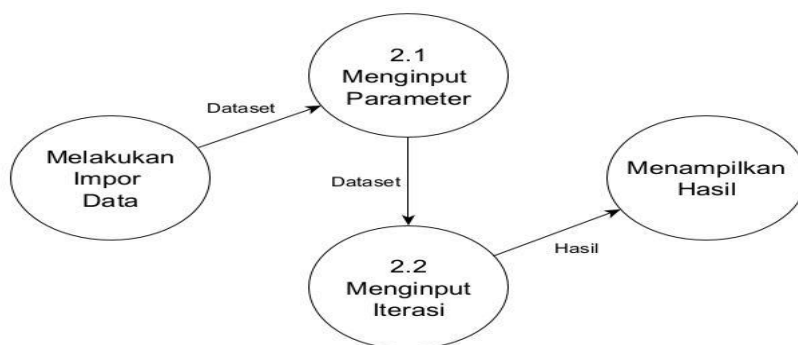


Gambar 7 Diagram aliran data level 1

Diagram aliran data level 1 merupakan lanjutan dari diagram aliran data level 0, dimana setiap proses yang berjalan akan diperinci pada tingkatan ini. Sehingga, proses utama akan dipecah menjadi sub-sub proses yang lebih kecil lagi. Pada Gambar 7 aplikasi *Mixture Design* hanya menjalankan pencarian rancangan optimal (proses 2) dengan menggunakan kriteria D-optimal. Proses tersebut dimulai dari pengguna mengimpor/memasukkan data.

Pada proses melakukan impor data (proses 1) pengguna mengunggah *file* atau data yang terdapat pada komputer pengguna. Adapun format data yang harus digunakan yang dengan format **csv*. Setelah data berhasil diunggah, data tersebut akan ditampilkan pada komputer pengguna. Setelah proses 1 berhasil dilakukan, maka tahap selanjutnya yaitu merancang rancangan optimal (proses 2). Pada proses 2 merupakan proses inti dari aplikasi *Mixture Design*. Tujuannya yaitu untuk mendapatkan rancangan campuran dengan respon data kategorik yang optimal menggunakan kriteria D-optimal.

Setelah proses 2 berhasil dilakukan, tahap selanjutnya adalah menampilkan hasil (proses 3). Pada proses 3 hasil yang akan ditampilkan yaitu nilai determinan maksimum, tabel titik-titik rancangan yang optimum, dan plot rancangan berdasarkan titik-titik rancangan yang optimum.



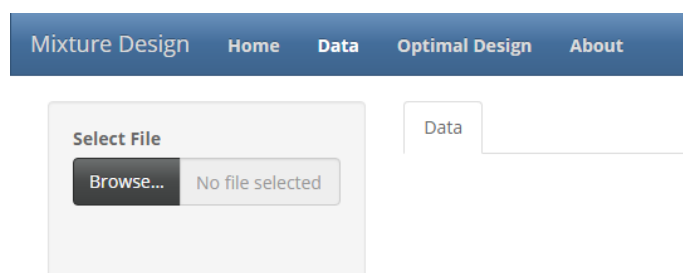
Gambar 8 Diagram aliran data level 2 proses 2

4.3 Implementasi

Implementasi sistem menggunakan program Rstudio 1.4.1717 dan beberapa paket tambahan lainnya untuk menjalankan fungsi-fungsi aplikasi *mixture design*. Aplikasi *mixture design* tersusun oleh pilihan menu di bagian *navigation bar* dan jendela hasil di bagian bawah menu untuk menampilkan output. Aplikasi *mixture design* terdiri atas empat menu yaitu, Menu Home, Menu Data, Menu Optimal Design, dan Menu About.

4.3.1 Menu Data

Menu data merupakan menu untuk memasukkan data dan mencetak data. Fungsi-fungsi dalam aplikasi *Mixture Design* akan berjalan jika data sudah dimasukkan.



Gambar 9 Tampilan Antarmuka Menu Data

Menu data pada Gambar 9 digunakan untuk mengunggah *file* atau data yang terdapat pada computer pengguna. *File* yang bisa diunggah yaitu menggunakan format *.csv, selain format yang telah ditentukan maka data tidak akan berhasil diunggah. Setelah data berhasil diunggah, maka akan ditampilkan pada submenu.

Data yang digunakan oleh peneliti merupakan data *candidate set* yang telah dibangkitkan menggunakan aplikasi JMP dengan batasan-batasan bahan yang telah ditentukan berdasarkan Tabel 1.

4.3.2 Menu Optimal Design

Menu *Optimal Design* ialah menu utama dalam aplikasi *Mixture Design*. Submenu *optimal design* memiliki tiga fungsi yang outputnya berupa hasil *maximum determinant*, tabel hasil rancangan optimal, dan plot rancangan yang optimal. Tampilan antarmuka menu optimal design dapat dilihat pada Gambar 10.

Gambar 10 Tampilan antarmuka menu optimal design

Fungsi-fungsi yang terdapat pada submenu *optimal design* adalah:

1. Hasil *Maximum Determinant*

Fungsi ini mengeluarkan hasil *maximum determinant* dari kriteria rancangan D optimal untuk model ordinal logistik, tampilan untuk fungsi ini dapat dilihat pada lampiran 3. Sintaks R untuk fungsi ini adalah:

```
dmm<-max(dtmSS)
detmax[t]<-dmm
max(detmax)
```

2. Tabel hasil rancangan optimal

Tabel ini digunakan untuk melihat hasil rancangan yang optimal berdasarkan kriteria rancangan D-optimal dengan model ordinal logistik. Sintaks R untuk fungsi ini adalah:

```
XR<-cbind(as.vector(XR1),as.vector(XR2),as.vector(XR3))
```

3. Plot rancangan optimal

Fungsi ini mengeluarkan plot rancangan optimal berdasarkan kriteria rancangan D-optimal dengan model ordinal logistik. Plot rancangan optimal digambarkan berdasarkan titik-titik rancangan rancangan optimal, tampilan untuk fungsi ini dapat dilihat pada lampiran 01. Sintaks R untuk fungsi ini adalah:

```
fungsi_plot <- reactive({
  data <- fungsi_tabel()[[3]]
  tabel <- as.data.frame(data)
  DesignPoints(x = tabel$V3, y = tabel$V2, z = tabel$V1)
```

4.4 Pengujian

Sebelum mendapatkan titik-titik rancangan yang optimal, tahapan awal yang harus dilakukan adalah menetapkan nilai parameter awal dari model yang akan digunakan. Parameter yang digunakan pada aplikasi *Mixture Design* menggunakan parameter hasil simulasi. Nilai-nilai parameter tersebut akan digunakan untuk mencari titik-titik rancangan yang optimal dengan algoritma

point-exchange yang telah disusun. Titik-titik rancangan optimal berdasarkan kriteria D-optimal disajikan sebagai berikut.

Tabel 2 Hasil Titik Rancangan Optimal

No	X1	X2	X3	No	X1	X2	X3
1	0,11	0,11	0,78	9	0,30	0,10	0,60
2	0,20	0,10	0,70	10	0,17	0,17	0,67
3	0,20	0,20	0,60	11	0,10	0,20	0,70
4	0,10	0,10	0,80	12	0,10	0,20	0,70
5	0,10	0,30	0,60	13	0,30	0,10	0,60
6	0,10	0,10	0,80	14	0,30	0,10	0,60
7	0,10	0,30	0,60	15	0,10	0,30	0,60
8	0,20	0,10	0,70	16	0,20	0,20	0,60

Titik-titik rancangan pada Tabel 2 merupakan hasil analisis menggunakan aplikasi *Mixture Design*. Titik-titik rancangan akan lebih representatif jika digambarkan pada suatu daerah rancangan. Posisi titik-titik rancangan tersebut dapat dilihat pada Gambar 13. Berdasarkan Gambar 13, dapat dilihat terdapat empat titik rancangan yang berada pada ujung daerah rancangan dan tiga titik lainnya terdapat dipertengahan daerah rancangan.

Hasil rancangan optimal yang dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Mixture Design* berbasis web dapat berjalan sesuai tujuan. Aplikasi *Mixture Design* menghasilkan maximum determinant sebesar 3,102768e-07 dan minimum determinant sebesar 8,023818e-08.

4.5 Pengujian Modul

Pengujian modul dilakukan dengan melihat apakah hasil yang dikeluarkan oleh sistem sesuai dengan input tertentu. Pengujian ini dapat melihat apakah fungsi-fungsi dalam aplikasi telah berjalan sebagaimana mestinya.

1. Mengimpor Data Melalui Komputer Pengguna

Pada Gambar 11 aplikasi cara mengunggah data dilakukan dengan mengunggah *file* atau data yang terdapat pada computer pengguna. *File* yang bisa diunggah yaitu menggunakan format *.csv. Hasil pengujian yaitu, sistem menerima instruksi dan data berhasil diunggah.

Mixture Design Home Data Optimal Design About			
Select File Browse... candidatset.csv Upload complete		Data	
x1	x2	x3	
0.10	0.10	0.80	
0.10	0.20	0.70	
0.10	0.30	0.60	
0.10	0.17	0.72	
0.11	0.11	0.78	
0.11	0.19	0.70	
0.12	0.20	0.68	
0.12	0.12	0.75	
0.13	0.22	0.65	
0.13	0.23	0.63	
0.13	0.13	0.73	
0.14	0.14	0.72	

Gambar 11 Tampilan Data Berhasil Diunggah

- Menampilkan Hasil Determinan Maksimum dan Tabel Rancangan Optimum Setelah proses unggah data berhasil yaitu proses pencarian rancangan optimal yang dapat dilihat pada Gambar 12. Pada tahap ini pengguna diharuskan untuk menginput nilai parameter. Hasil pengujian yaitu, sistem berhasil menampilkan hasil determinan maksimum.

Mixture Design Home Data Optimal Design About			
Input Parameter of Alpha 2 3.004 Input Parameter of Alpha 3 0.5225 Input Parameter of Alpha 4 4.1510 Input Parameter of Alpha 5 3.9884 Input Parameter of Beta 1 4.8465 Input Parameter of Beta 2 -16.5466 Input Parameter of Beta 3 5.6051		Result Max Determinant [1] 6.310422e-07 Min Detereminant [1] 5.228439e-10 Table Design	
V1	V2	V3	
0.11	0.11	0.78	
0.20	0.10	0.70	
0.20	0.20	0.60	
0.10	0.10	0.80	
0.10	0.30	0.60	
0.10	0.10	0.80	
0.10	0.30	0.60	
0.20	0.10	0.70	
0.30	0.10	0.60	
0.17	0.17	0.67	
0.10	0.20	0.70	

Gambar 12 Tampilan Hasil Determinan Maksimum dan Tabel Rancangan Optimum

- Menampilkan Plot Rancangan Optimum
Titik-titik rancangan akan lebih representatif jika digambarkan pada suatu daerah rancangan. Pada Gambar 13 plot yang ditampilkan berdasarkan hasil titik-titik rancangan optimal.

Input Parameter of Beta 4

Input Parameter of Beta 5

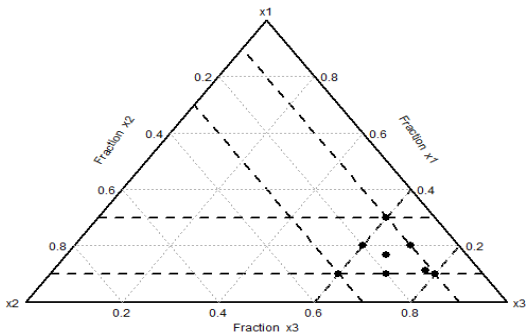
Input Parameter of Beta 6

Number of Iteration

Run

0.10	0.20	0.70
0.30	0.10	0.60
0.30	0.10	0.60
0.10	0.30	0.60
0.20	0.20	0.60

Plot Design



Gambar 13 Tampilan Hasil Plot Rancangan Optimal

Pada kasus ini peneliti menggunakan iterasi sebanyak 10.000 kali, dimana iterasi tersebut tergantung dari setiap peneliti yang menentukan. Hasil pengujian yaitu, sistem berhasil menampilkan rancangan plot optimum.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

V SIMPULAN

Aplikasi *Mixture Design* merupakan aplikasi yang dikembangkan dengan tampilan antarmuka. Aplikasi *Mixture Design* memiliki beberapa fungsi didalamnya yaitu, pengunggahan data, analisis D-optimal design, serta About. Pengujian yang dilakukan merupakan ilustrasi yang menunjukkan bahwa perangkat ini sudah mampu melakukan analisis rancangan D-optimal yang telah ditentukan oleh pengembang. Adapun keterbatasan dari aplikasi yang telah dibuat yaitu, aplikasi ini dirancang hanya menggunakan tiga bahan, menggunakan enam kategori respon, dan menggunakan model kuadratik.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



DAFTAR PUSTAKA

- Andani W. 2019. Linear Model Analysis for Ordinal Response in a Mixture Experiment. *Journal of Physic*, 1317(1). doi:10.1088/1742-6596/1317/1/012018.
- Beeley C. 2013. *Web Application Development with R Using Shiny*. Birmingham (UK): Packt.
- Cornell JA. 2002. *Experiment with Mixtures Designs: Designs, Models and The Analysis of Mixture Data, 3rd edition*. New York: A John Wiley and Sons, Inc. Publication.
- Goos P, Jones B. 2011. *Design of Experiments: A Case Study Approach*. Wiley.
- Mancenido MV. 2016. Categorical Responses in Mixture Experiments [Dissertation]. Arizona State University.
- McCullagh P. 1980. Regression models for ordinal data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*. 42(2):109-142. <https://www.jstor.org/stable/2984952>.
- Montgomery. 2001. *Design and Analysis of Experiments (fifth edition)*. New York: John Wiley & Sons.
- Rahayu WD. 2019. Rancangan D-Optimal untuk Respon Ordinal pada Rancangan Campuran. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor
- RStudio. 2020. Package 'shiny' [internet]. [diunduh 2020 Feb 12]. Tersedia pada: <http://cran.r-project.org/web/packages/shiny/shiny.pdf>.
- Scheffe H. 1958. Experiments with mixtures. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*. 20(2):344-360. doi:10.1111/j.2517-6161.1958.tb00299.x.
- Scheffe H. 1963. The Simplex-Centroid Design for Experiments with Mixtures. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*. 25(2):35-263. doi:10.2307/2984294.
- Syafitri UD. 2015. Optimal Design of Mixture Experiments [Dissertation]. University of Antwerp.
- Wizsa UA. 2019. The Bayesian D-Optimal Design in Mixture Experiment Design. *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika*. 3(2):109-115.
- Yang J, Tong L, Mandal A. 2015. D-optimal Designs with Ordered Categorical Data. *Statistica Sinica*. 27(4):1879-1902. doi:10.5705/ss.202016.0210.