

Perancangan Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Lokasi Agroindustri: Studi Industri Tahu di Daerah Istimewa Yogyakarta

A Design of Decision Support System for Site Selection for Agro-industry:
A Study at Tofu Industry in Special Region of Yogyakarta

Suhendra Suhendra^{1*}, Endy Suwondo¹, Dyah Ismoyowati¹, Masayuki Matsuoka²

¹Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora No. 1, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia

²Department of Information Engineering, Faculty of Engineering, Mie University, 1577 Kurimamachiya, Tsu, Mie 514-8507, Japan

*Penulis korespondensi: Suhendra, Email: suhendra18@mail.ugm.ac.id

Submisi: 4 Februari 2020; Revisi: 24 September 2020, 10 Januari 2021; Diterima: 26 Januari 2021

ABSTRAK

Pengembangan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) pada studi kelayakan pemilihan lokasi agroindustri dengan analisis finansial dan lingkungan belum banyak dilakukan, khususnya untuk kelayakan industri skala kecil menengah di area permukiman. Penelitian ini bertujuan membuat rancang bangun sistem pendukung keputusan (SPK) pemilihan lokasi agroindustri dengan kombinasi analisis finansial dan spasial lingkungan. Studi dilakukan untuk penetapan lokasi industri tahu di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Penelitian dilakukan melalui tahapan perancangan *context diagram*, *hierarchical input process output (HIPO)*, dan *data flow diagram*. Sistem dirancang dengan 2 desain antarmuka: untuk *user (interface front end)* dan antarmuka oleh admin (*interface back end*). Hasil penelitian adalah *prototype* aplikasi pendukung keputusan berbasis *website* bernama IFSS (*Industrial Feasibility Support System*) dengan alamat domain <http://ifssugmku.com/>. Pemilihan lokasi industri dengan kriteria finansial dan lingkungan dilakukan untuk menentukan lokasi yang paling sesuai bagi pendirian industri. Uji coba sistem menunjukkan Kabupaten Gunungkidul merupakan lokasi dengan hasil kelayakan finansial tertinggi dengan nilai NPV (Rp) 879.520.243, sementara Kabupaten Bantul dan Kulon Progo merupakan daerah dengan sebaran lokasi terpilih tertinggi dari analisis lingkungan menggunakan teknik *overlay*. Verifikasi dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan manual dengan hasil perhitungan aplikasi, serta membandingkan sebaran lokasi keberadaan 14 sampel industri tahu di DIY dengan hasil pemilihan lokasi secara spasial pada ArcGIS Pro. IFSS adalah aplikasi untuk membantu memberikan pertimbangan pemilihan lokasi industri secara finansial dan lingkungan.

Kata kunci: Industri tahu; lokasi; SPK; Yogyakarta

ABSTRACT

Decision Support System Development (SPK) in a feasibility study of site selection for agro-industry with financial and environmental analysis has not been commonly done, especially for the feasibility of small and medium scale industries in residential areas. This study aimed to design a decision support system for the site selection for agro-industry with a combination of financial and spatial environment analyses. The study was conducted to determine the location of the tofu industry in the Special Region of Yogyakarta (DIY). The study was carried out through the design stages, i.e., designing context diagrams, hierarchical input process output (HIPO), and data flow diagrams. The system was designed with two interface designs: for the user (front-end interface) and the interface by the admin (back-end interface). The result was a prototype of a website-based decision support application called IFSS (Industrial Feasibility Support System) with the domain address <http://ifssugmku.com/>. The site selection with financial and environmental analysis aimed to determine the most appropriate location and to help the establishment of an industry. The system showed that Gunungkidul Regency was the location with the highest financial feasibility results (NPV IDR 879.520.243), while Bantul and Kulonprogo regencies obtained the highest distribution of selected locations from the environmental analysis using overlay techniques. Verification and validation were done by comparing the results of manual calculations with the results of calculation using the application. The location distribution of 14 tofu industry samples in DIY was compared with the results of spatial location selection in ArcGIS Pro. IFSS is an application to help provide consideration for industrial site selection financially and environmentally.

Keywords: Tofu industry; location; DSS; Yogyakarta

PENDAHULUAN

Sistem pendukung keputusan (SPK) merupakan salah satu teknik komputasi yang ditujukan untuk memecahkan masalah dengan menggunakan model dan data (Prasad & Ratna, 2018). Pengembangan SPK terbukti dapat memberikan keuntungan bagi sebuah perusahaan (Dutta dkk., 2018) dan karena bersumber dari pengembangan model dan sistem, SPK dapat diterapkan di berbagai bidang. Keuniversalan ini memungkinkan SPK dapat menjangkau bidang spesifik, seperti kontrol penggunaan pestisida dalam pertanian (Aiello dkk., 2018) perikanan (Cobo dkk., 2019), industri farmasi (Vieira dkk., 2019), penetapan lokasi hunian bencana (Drakaki dkk., 2018; Trivedi, 2018) dan lainnya. Sebagian besar penelitian mengembangkan model pendukung keputusan untuk meningkatkan efisiensi manajemen kerja (Krishnaiyer & Chen, 2017; Siddiqui dkk., 2018) dan meminimalisir risiko dari pola ketidakpastian (Moallemi dkk., 2020)

Cobo, dkk (2019) mengategorikan komponen dalam SPK, yaitu *database*, *bioeconomic model*, *optimization module*, dan *interface*. *Database* yang menyimpan berbagai data seperti data ekonomi, lingkungan, biologi dan teknis, akan diintegrasikan dalam satu bentuk struktur yang rasional sehingga dapat dilihat entitas hubungannya. *Interface* mendapat penekanan khusus dalam SPK, di mana sebuah SPK harus dibangun untuk dapat digunakan secara lebih sederhana bagi pengguna (*decision maker*).

SPK dirancang mengelola *input* dan mengaitkannya menjadi suatu pendukung pengambilan keputusan

dengan sederhana. Keunggulan ini dapat dimanfaatkan untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks salah satunya pada pemilihan lokasi pendirian industri. (Badri, 2007) dalam *review* dimensi faktor pemilihan lokasi industri menjelaskan 14 dimensi *critical factors* dalam penetapan lokasi industri. Dari 14 dimensi itu diturunkan lagi menjadi 95 sub-faktor yang disiapkan untuk menjadi instrumen dalam penetapan lokasi industri. Faktor yang paling umum digunakan dalam penetapan lokasi industri, adalah transportasi, tenaga kerja, bahan baku, pasar, lokasi industri, utilitas, pemerintah, struktur pajak, iklim, dan masyarakat.

Pemilihan lokasi industri menjadi salah satu poin penting dalam studi kelayakan khususnya pra-pendirian industri (Rikalovic dkk., 2014). Pemilihan lokasi industri melibatkan serangkaian faktor kritis yang kompleks dan saling berkaitan. Berbeda jenis industri akan membuat perbedaan analisis khususnya berhubungan dengan pengendalian lingkungan. Studi pendirian industri mikro alga di Chile misalnya, menjadikan faktor sumber daya alam, infrastruktur jalan, karakteristik geografis dan aktivitas industri yang menghasilkan emisi gas rumah kaca, sebagai faktor yang relevan untuk menjadi landasan pemilihan lokasinya (Bravo-Fritz dkk., 2015) *road infrastructure, geographic characteristics and industrial activities which generate greenhouse gas emissions*

Pada studi yang dilakukan di Jepara (Fu'ad, 2015) tentang pengaruh lokasi terhadap usaha, dengan 87 pemilik usaha mikro/kecil sebagai responden, diperoleh pengaruh yang positif dan signifikan antara pengaruh lokasi dengan kesuksesan usaha. Penelitian yang lain

menjelaskan bahwa esensi pemilihan lokasi industri secara global mengalami perubahan, dari hanya aspek ekonomi meluas kepada aspek sosial dan lingkungan. Pada penelitian komprehensif dengan analisis penelitian seputar pemilihan lokasi tahun 1990 hingga 2011, ditemukan adanya aspek perspektif lingkungan dan sosial menjadi poin penting dalam pemilihan lokasi industri (Chen dkk., 2014).

Desain sistem pendukung keputusan, dalam ruang lingkup pengembangan riset penentuan lokasi atau pendirian industri di Indonesia, juga masih tersentral pada satu aspek. Lebih banyak kajian tersebut mengerucut dalam sudut pandang ekonomi, khususnya finansial seperti rancang bangun SPK pada industri berbasis kentang (Wibawa, 2007) dan industri jamu (Kusnandar, 2006). Beberapa penelitian mengkaji SPK dari sudut pandang yang lebih kompleks yakni penggabungan antara aspek finansial dan teknis yang dibentuk dalam pola spasial (Gunarta, 2012).

Perlunya pengembangan sistem pendukung keputusan yang dikhususkan pada pendekatan spasial menjadi topik yang menarik. Khusus pada pemilihan lokasi industri, tantangan yang berat adalah menggabungkan analisis lingkungan dan finansial menjadi satu bentuk SPK dan dapat ditinjau secara spasial dengan akses yang terkoneksi dengan jaringan internet. Penekanan bentuk visual spasial adalah karena selama ini, SPK yang ada belum menghadirkan hasil perhitungan yang menjelaskan secara langsung lokasi dalam bentuk visual. Penelitian tentang pemilihan lokasi industri selama ini masih tersekat pada bentuk spasial non interaktif seperti penggunaan *Geographic Information System* (Kumar & Bansal, 2016; Rikalovic dkk., 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan rancang bangun sistem pendukung keputusan berbasis data finansial dan lingkungan pada industri tahu. Aplikasi tidak menunjukkan lokasi paling layak tetapi menghadirkan hasil sebagai pertimbangan dalam pemilihan lokasi industri. Kajian pengembangan SPK dengan basis data finansial dan lingkungan pada industri tahu belum banyak dilakukan. Penelitian sebelumnya oleh Indrianingsih (2018) tentang desain SPK industri tahu menggunakan metode *Fuzzy Sugeno*. Kajian ini berfokus pada tiga variabel yang dimodelkan yaitu, variabel persediaan, variabel permintaan dan variabel produksi. Kombinasi dengan analisis lingkungan belum dilakukan. Purwarupa (*prototype*) yang dikembangkan dapat digunakan sebagai sistem untuk menentukan lokasi pendirian agroindustri dengan mempertimbangkan atribut spasial dan non spasial.

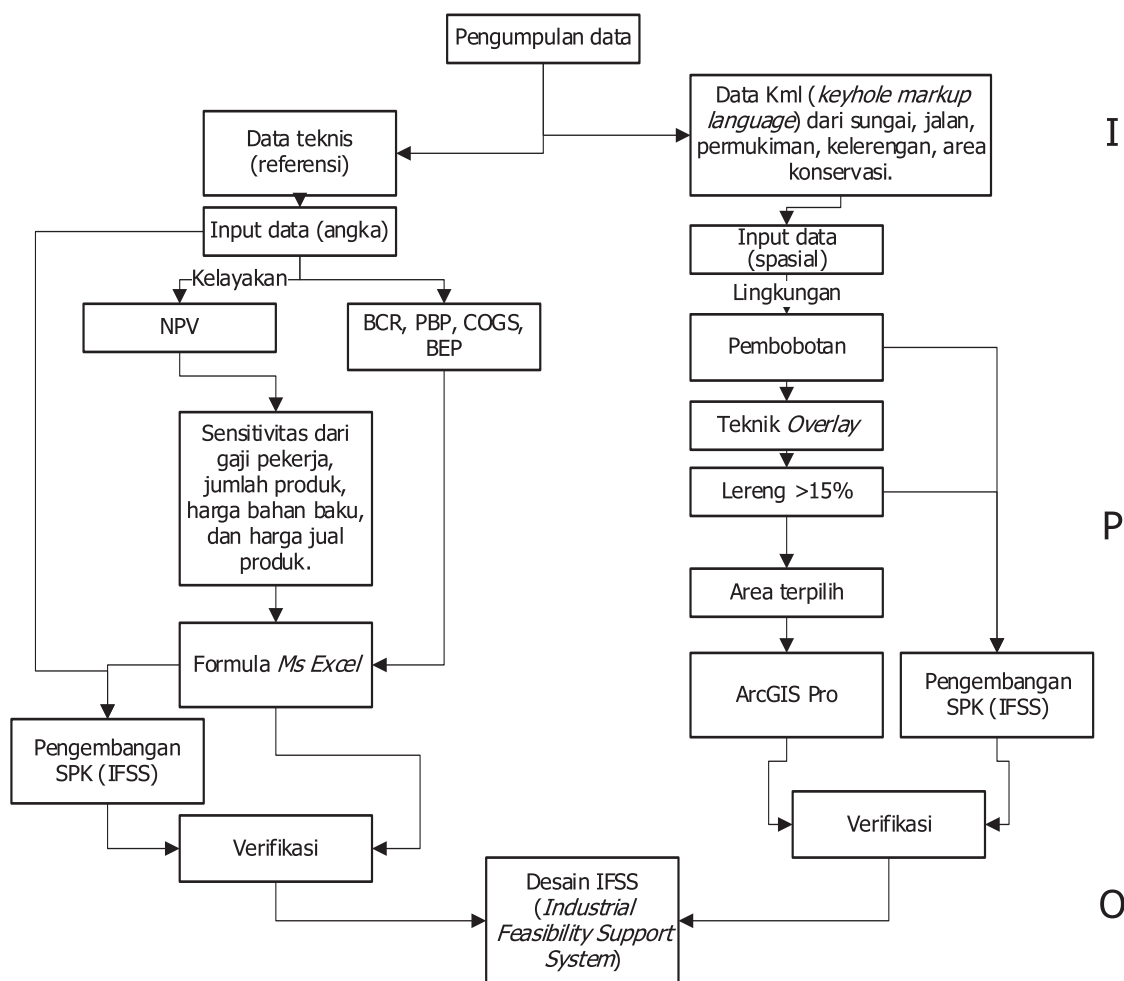
Perancangan SPK yang akan dibangun didesain untuk melalui tahap validasi dengan pengujian pada industri tahu di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY).

Selain dikarenakan jumlah industri tahu di Yogyakarta, juga topografi antar kabupaten yang berbeda, misalnya Kabupaten Gunungkidul dengan jumlah kelerengan di atas 15% lebih banyak di banding dengan kabupaten lain. Hal ini dapat dijadikan hipotesis yang akan menjadikan data lebih variatif. Landasan pemilihan industri tahu adalah banyaknya penelitian tentang informasi teknis dan finansial dari industri tahu (Mayasari & Santoso, 2018; Pamungkas & Slamet, 2017; Pratiwi dkk., 2012) yang akan digunakan sebagai data dalam pengujian SPK. Atribut finansial secara umum meliputi biaya variabel, biaya tetap, biaya investasi, jumlah produksi, harga jual produk dan periode kerja. Industri tahu juga mudah ditemukan dan letaknya di antara pemukiman. Pemilihan kedekatan dengan pemukiman adalah untuk mengetahui faktor lingkungan seperti dampak pencemaran oleh aktivitas industri. Hal ini menjadi acuan dalam penyusunan atribut spasial yakni jarak kedekatan industri dengan permukiman, sungai, kelerengan, serta daerah-daerah konservasi. Penelitian ini memberikan pertimbangan lokasi industri skala kecil menengah di DIY dengan pertimbangan aspek finansial dan lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan sejak tahun 2018 di Laboratorium *Geographic Information Science* Kochi University, Jepang, hingga Februari 2019. Selanjutnya dikembangkan model SPK di Universitas Gadjah Mada hingga pelaporan. Program penelitian ini adalah kerja sama UGM dalam SUIJI (*Six University Initiative Japan Indonesia*) Joint Program 2018. Gambaran penelitian mencakup komponen *input*, proses dan *output*. Pembagian sub proses penelitian menjadi mencakup teknis, finansial, spasial *environmental*, dan verifikasi. Perancangan proses penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 1.

Tahap penelitian teknis adalah pengumpulan data-data teknis untuk menunjang pengembangan formulator pendukung keputusan. Pada tahap ini, dilakukan pengkajian penelitian terdahulu untuk mengumpulkan data yang digunakan sebagai *input* data bagi analisis finansial dan spasial (Suhendra dkk., 2019). Bentuk data yang dibutuhkan sebagai *input* berdasarkan sudut pandang teknis adalah: pembiayaan mesin dan peralatan industri, perhitungan kebutuhan tenaga kerja berdasarkan peta proses, pembuatan *layout* mesin dan peralatan berdasarkan peta proses, optimalisasi ruang tersedia untuk proses produksi yang efisien, biaya transportasi yang diperlukan, data kebutuhan pasar dan permintaan terhadap satu jenis produk, biaya bahan baku, biaya operasional bulanan seperti listrik dan lainnya, biaya pendirian bangunan, dan juga luas area diperlukan untuk satu industri. Komponen



Gambar 1. Outline penelitian

biaya sebagai data dalam analisis finansial diperoleh dari wawancara pelaku industri tahu di tiga lokasi di Kampung Sudagaran, Tegalrejo dan Kampung Dukuh, Gedongkiwo, Kota Yogyakarta. Data upah tenaga kerja di ambil dari data Upah Minimum Kota dan Kabupaten di Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2019.

Industri tahu yang menjadi objek penelitian adalah industri skala menengah untuk kapasitas produksi 3.000 unit tahu putih per hari. Jumlah ini didasarkan pada kebutuhan kedelai 50 kg untuk produksi 3.000 unit tahu. Suku bunga disesuaikan dengan angka kredit usaha rakyat dan periode proyek ditetapkan 10 tahun menyesuaikan dengan perhitungan umur ekonomis mesin dan peralatan yang digunakan.

Penetapan jumlah hari kerja sebanyak 28 hari dalam satu bulan berdasarkan wawancara pelaku industri tahu di tiga lokasi di Kampung Sudagaran, Tegalrejo dan Kampung Dukuh, Gedongkiwo, Kota Yogyakarta. Tingginya tingkat konsumsi tahu membuat pelaku industri mengoptimalkan produksi harian. Harga

jual tahu per satuan diperoleh dengan menghitung rerata harga jual tahu dalam kisaran kurang lebih Rp300/unit sesuai dengan perubahan harga bahan baku.

Tahap penelitian secara finansial ditujukan untuk menghitung angka kelayakan pendirian industri berdasarkan pembiayaan dan investasi. Penelitian tentang analisis finansial telah banyak dilakukan (Gunarta, 2012; Kusnandar, 2006; Wibawa, 2007). Pada penelitian ini, dikembangkan formulator untuk menghitung analisis kelayakan secara finansial untuk menghitung NPV (*Net Present Value*), BCR (*Benefit Cost Ratio*), PP (*Payback Period*), COGS (*Cost of Goods Sold*), BEP (*Break Event Point*), dan *Sensitivity*. Untuk mendapatkan angka tersebut, telah dikembangkan formulator excel yang dengan *input data* (dari teknis) akan secara otomatis mengalkulasikan nilai kelayakan industri, bahkan dengan sensitivitas atau kemungkinan terjadinya perubahan beberapa jenis pembiayaan hingga $\pm 20\%$. Formulator ini yang kemudian menjadi acuan dalam pengembangan SPK berbasis *website*.

Tabel. 1 Kriteria penskoran spasial lingkungan

Jarak	Bobot		
	Layer jalan raya (A)	Layer sungai (B)	Layer permukiman (C)
50 m	5	1	1
100 m	4	2	2
150 m	3	3	3
200 m	2	4	4
250 m	1	5	5

Tahap spasial lingkungan adalah tahap melakukan analisa pembobotan spasial menggunakan ArcGIS Pro (Aplikasi pemetaan 2D dan 3D yang dikembangkan oleh Esri -*Environmental Systems Research Institute*). Dilakukan pengembangan model analisis untuk menentukan lokasi pendirian industri berdasarkan faktor-faktor lingkungan. Data peta sebagai *input* di *digitasi* untuk dianalisis menggunakan metode *overlay* (Mitchell, 2012). Data yang diperlukan antara lain: data jalan, permukiman, area konservasi, *digital elevation model*, sungai, dan lahan. Semua data di analisis menggunakan *model builder* pada ArcGIS Pro 2.3.2. Penggunaan *model builder* adalah untuk memudahkan terjadinya modifikasi data dengan tetap mempertahankan pola proses analisis data spasial. Kriteria penskoran spasial yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 1.

Perhitungannya dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$A + B + C = N \quad (1)$$

Kedekatan industri dengan jalan, sungai dan permukiman dilandaskan pada Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia No 40/M-IND/PER/6/2016. Jarak industri dengan jalan berhubungan dengan biaya transportasi, dimana semakin jauh jaraknya akan meningkatkan biaya transportasi. Sehingga skor tertinggi adalah pada area dengan jarak dengan jalan raya terdekat. Jarak industri dengan sungai berhubungan dengan ketersediaan air baku dan kemungkinan pencemaran limbah cair. Industri tahu tidak menggunakan air sungai sebagai sumber air baku, umumnya perhitungan ini untuk industri skala besar. Semakin dekat dengan sungai akan meningkatkan kemungkinan pencemaran air oleh limbah industri tahu. Hal ini mendasari penetapan skor pada penelitian ini. Jarak dengan permukiman berhubungan dengan aktivitas industri yang berpotensi mengganggu aktivitas masyarakat seperti bau, keberadaan, dan kebisingan. Semakin dekat industri dengan permukiman menjadikan potensi dampak semakin besar.

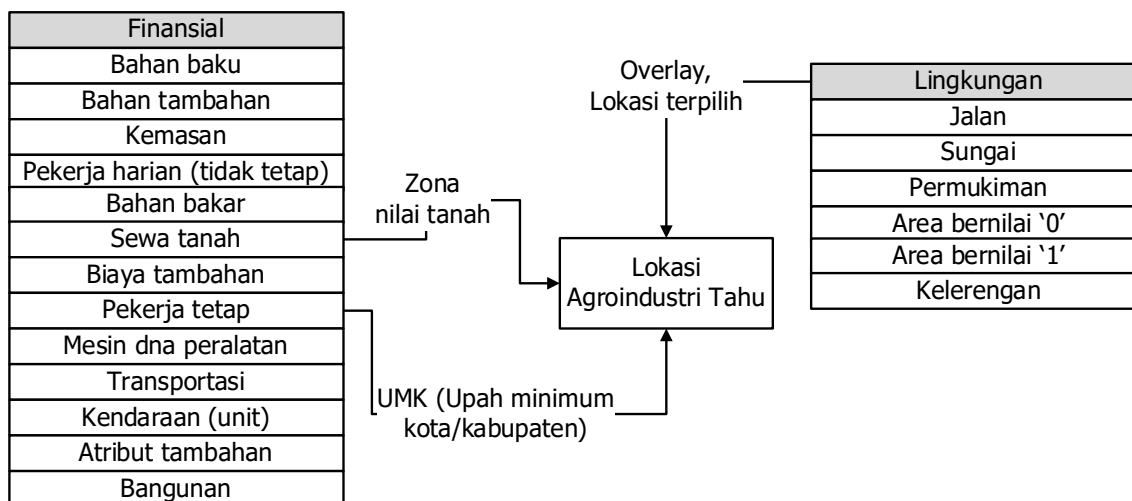
Selain ketiga layer tersebut, kriteria lain adalah kriteria lokasi berhubungan dengan zona khusus (D) dan kemiringan (E). Zona khusus dengan bobot 0 adalah area yang diperuntukkan sebagai daerah konservasi, cagar budaya, bangunan pemerintahan dan area yang tidak dapat didirikan industri. Zona khusus dengan bobot 1 adalah area yang dapat digunakan sebagai lokasi industri. Kriteria kemiringan adalah jika kelerengan kurang/sama dengan 15 % maka skor 1 dan jika kelerengan lebih dari 15% maka skor 0.

Perhitungannya dapat dilihat pada Persamaan 2.

$$N \times D \times E = M \quad (2)$$

Perancangan sistem dilakukan dengan membuat diagram konteks, diagram alir data (DFD) hingga level 3, HIPO, diagram relasi data, serta perancangan antarmuka (*interface*) baik *user* atau *admin*. Keseluruhan metode tersebut menjadi acuan dalam pengembangan SPK. Tahapan verifikasi adalah perbandingan hasil analisis finansial menggunakan *formulator excel* dengan hasil pengembangan SPK, dan perbandingan hasil analisis spasial menggunakan ArcGIS dengan SPK yang sudah dikembangkan. Hal ini ditujukan untuk mengetahui apakah hasil aplikasi telah sesuai dengan konsep yang dirancang sejak awal dengan *actual formulator* dan analisis menggunakan ArcGIS. Validasi pembuatan SPK dilakukan dengan melakukan peninjauan lokasi 14 industri tahu di DIY dan membandingkan dengan area terpilih dari aplikasi.

Penelitian ini dikerucutkan pada studi kelayakan pemilihan lokasi agroindustri skala menengah kecil (studi pada industri tahu). Semua aspek analisis harus memiliki kaitan dalam menunjang penentuan keputusan pemilihan lokasi industri. Aspek lingkungan yang dilakukan dengan pendekatan spasial sudah merujuk dan terkait langsung pada pertimbangan dan pemilihan lokasi industri. Aspek finansial tetap menjadi aspek yang penting dalam memberi pertimbangan penetapan lokasi industri, meski tidak secara langsung sebagaimana pada analisis lingkungan.



Gambar 2. Diagram hubungan aspek finansial dan lingkungan

Relasi itu khusus pada data yang terikat langsung pada karakteristik lokasi, seperti biaya sewa tanah. Gaji pekerja menyesuaikan dengan upah minimum kabupaten/kota sebagaimana telah ditetapkan oleh pemerintah sehingga setiap kota/kabupaten memiliki nilai tersendiri. Aspek lain seperti biaya transportasi dan jarak tempuh ke pusat pasar, juga sangat bergantung pada lokasi.

Gambar 2 menunjukkan hubungan *input data* antar aspek analisis dengan proses pemilihan lokasi. Pada aspek finansial untuk gaji pekerja, hasil analisis akan menunjukkan NPV berbeda antar kabupaten karena data minimal yang dapat diperoleh hingga tingkat kota/kabupaten. Pada aspek lingkungan sangat fleksibel dengan penyesuaian lokasi lebih luas. Kedua aspek akan menghasilkan keluaran data bervariasi minimal dalam skala kabupaten/kota. Hasil tersebut akan menjadi pembanding dalam penetapan keputusan pemilihan lokasi industri. Pada penelitian ini, hasil analisis finansial disajikan dengan grafik sensitivitas pada 4 kabupaten dan 1 Kota di DIY.

Pengembangan lebih jauh terhadap kaitan SPK dan pemilihan lokasi dapat dilakukan dengan kasus perbandingan antar provinsi. Dimana variasi data finansial akan lebih tampak, seperti pada perbandingan harga bahan baku antar provinsi, biaya pekerja, biaya tanah dan bangunan serta transportasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

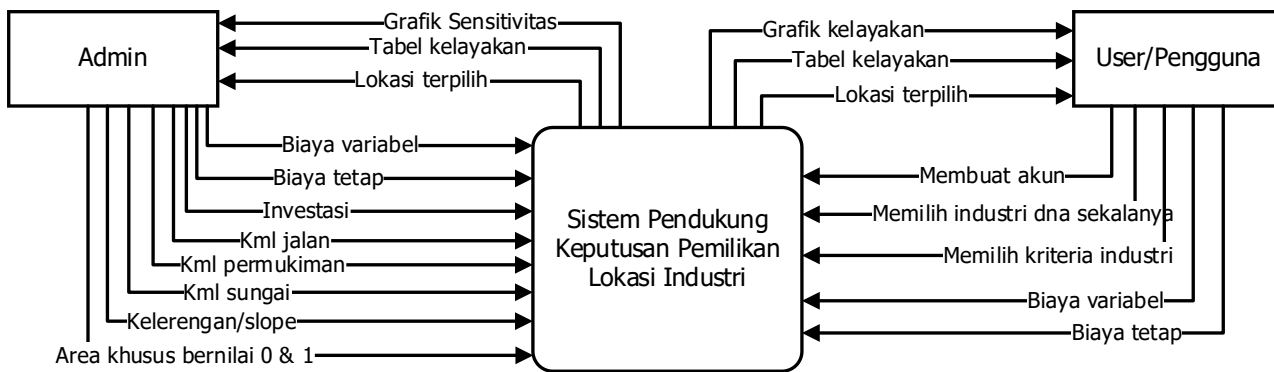
Sistem pendukung keputusan yang dikembangkan dalam penelitian ini diberi nama IFSS (*Industrial Feasibility Support System*). Pengembangan SPK dalam bentuk *website* memungkinkan untuk dapat diakses di berbagai tempat. Alamat domain *prototype* SPK dalam penelitian ini adalah <http://ifssugmku.com/>. Pada tahap

perancangan ini, lokasi pengumpulan data dibatasi hanya di DIY. Jenis industri adalah industri tahu skala menengah.

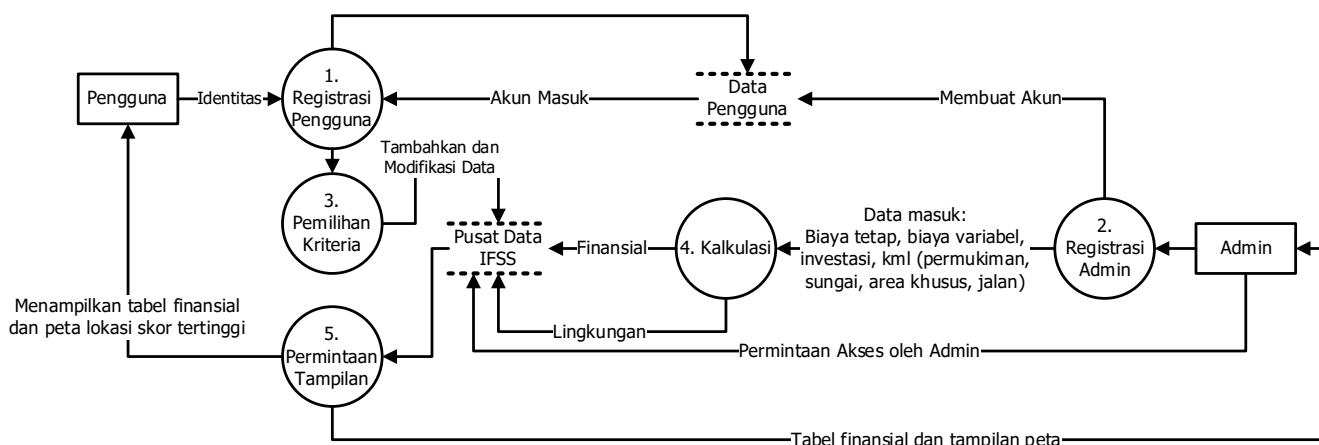
Perancangan sistem informasi menjadi tahap awal dalam perancangan SPK. Pada tahap ini, alur setiap data diformulasikan. Bentuk analisis dan tahapan untuk jalannya aplikasi menjadi berbagai model yang terintegrasi. Rancangan sistem informasi ini menjelaskan gambaran umum mengenai sistem yang akan dibangun. Perancangan IFSS dilakukan dengan membuat model sistem informasi menggunakan *context diagram*, *hierarchical input process output*, *data flow diagram*, struktur *database* dengan *relationship diagram* serta desain antarmuka *user* dan *admin*.

Diagram konteks menggambarkan keseluruhan *input* dan *output data* dan merupakan bagian tertinggi penyusun DFD (*data flow diagram*). Dalam diagram konteks, dapat diketahui aliran data dan fungsi serta hubungan antara pengguna. Pada Gambar 3 dapat diketahui bentuk data yang di input oleh admin dan bagaimana *feedback* dari proses pengolahan data yang diterima oleh *user* dan admin. Arah tanda panah dari aliran data menunjukkan data masukan (*input*) dan keluaran (*output*) yang akan diproses dalam aplikasi IFSS. Data yang diinput antara lain data biaya variabel, biaya tetap, biaya investasi, file format KML (*keyhole markup language*) dari jalan, permukiman, sungai, dan kelerengan.

HIPO (*Hierarchy Input Process Output*) menjadi gambaran besar dari keseluruhan proses dan aliran data dalam aplikasi. Bentuknya yang hierarkis memudahkan untuk memahami proses aliran data. Selain itu juga dapat menjadi acuan bagi pengembangan program untuk memperjelas fungsi dan urutan dari proses yang akan dibangun menjadi aplikasi.



Gambar 3. Context diagram IFSS

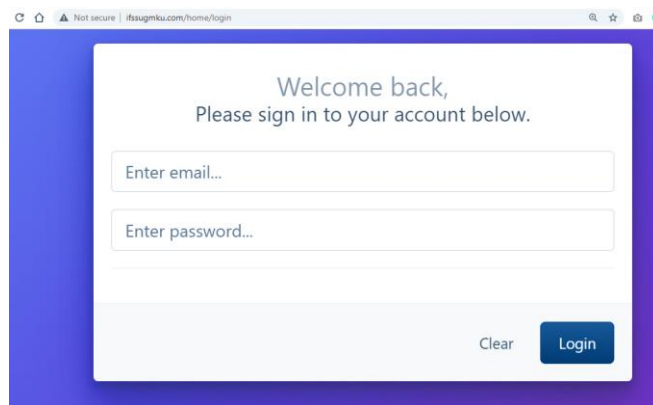


Gambar 4. Data flow diagram level 0

Tahapan Selanjutnya setelah membuat diagram konteks dan HIPO adalah pengembangan diagram alir data atau *Data Flow Diagram (DFD)*. Pada penelitian ini, dirurutkan DFD hingga level tiga. DFD level 0 menjelaskan proses dasar aliran data antara admin, *user* dan *data store*. Gambar 4 adalah bentuk DFD level 0 yang dirancang sebagai basis aliran data pada penelitian ini.

Relasi basis data menggambarkan secara konseptual hubungan antar objek data yang akan digunakan dalam membangun sistem. Metode awal dari pengembangan relasi basis data adalah melakukan normalisasi data dan menjadikan setiap data sebagai data yang berdiri tunggal. Hal ini untuk mencegah adanya pengulangan data dan mencegah error setelah melakukan *input data*.

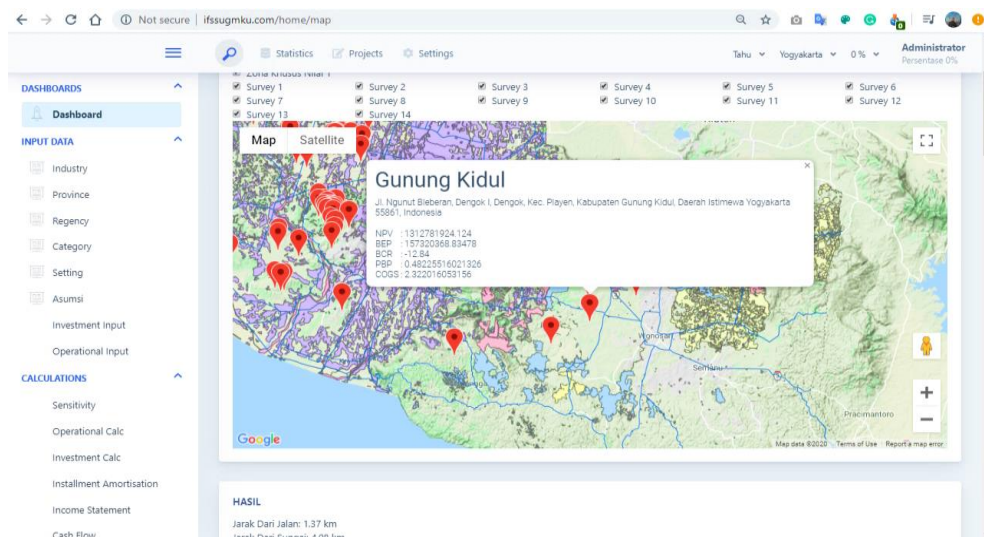
Perancangan antarmuka dibuat untuk memudahkan penggunaan aplikasi SPK oleh pengguna dan admin. IFSS terdiri dari desain antarmuka untuk *user (interface front end)* dan desain antarmuka oleh admin (*interface back end*). Desain untuk pengguna berfungsi untuk



Gambar 5. Tampilan login pada IFSS

memudahkan pengguna dalam mengakses informasi. Batasan menu yang ditampilkan terbatas dan sederhana hanya pada fitur berhubungan dengan hasil.

Tampilan pertama saat alamat *website* aplikasi diketik adalah halaman *login*. Setelah masuk ke dalam



Gambar 6. Tampilan spasial pada aplikasi

Tabel 2. Hasil perhitungan analisis finansial (manual)

Hasil	Nilai				
	Kota Yogyakarta	Sleman	Bantul	Kulon Progo	Gunungkidul
NPV (Rp)	792.687.777	837.739.820	855.698.320	863.473.728	879.520.243
BEP (Rp)	127.914.263	118.767.376	115.121.273	113.542.637	110.284.724
BEP (unit)	426.381	395.891	383.737	378.475	367.615
BCR (%)	8,15	8,56	8,72	8,79	8,93
PBP (bulan)	10,15	9,68	9,52	9,45	9,29
COGS (Rp/Unit)	143	136	133	131	129

IFSS, pengguna akan diarahkan ke halaman utama atau *dashboard* dimana di sisi kiri terdapat menu yang selalu muncul untuk memudahkan akses. Menu yang tersedia adalah menu beranda (*home*) untuk mengarahkan pengguna ke halaman utama. Selanjutnya adalah menu pemilihan kriteria (*criteria*) dimana dalam halaman tersebut akan ada formulir isian interaktif untuk memilih jenis industri yang tersedia (yang sudah pernah diinput oleh admin dan disimpan dalam *database*), dan kemudian memilih skala dari skala nasional, provinsi dan kabupaten.

Tampilan utama dari aplikasi secara umum harus memenuhi beberapa hal yakni memuat alamat *website*, menu, tabel finansial, grafik sensitivitas, dan lokasi industri terpilih. Bagian inti dari aplikasi yang ditampilkan mencakup alamat, menu yang terdiri dari berbagai sub menu dan pilihan, tabel finansial yang ditunjukkan untuk melihat perhitungan kelayakan finansialnya serta grafik

sensitivitas yang muncul dengan berbagai kemungkinan perubahan biaya hingga 20%. Hasil analisis lingkungan ditampilkan dalam bentuk peta dengan menunjukkan lokasi terpilih untuk membantu pengguna dalam menetapkan lokasi yang paling sesuai.

Perhitungan secara manual dilakukan untuk memastikan apakah SPK yang di rancang telah memberikan hasil yang sesuai atau belum. Keseluruhan analisis dihitung dengan perhitungan menggunakan *Microsoft excel* untuk finansial dan ArcGIS Pro untuk lingkungan. Hasil perhitungan digunakan untuk pembandingan hasil dari pengembangan SPK.

Pada analisis finansial, perhitungan NPV, BEP, PBP, BCR, dan COGS dilakukan dengan membuat formulatur pada *Microsoft excel*. Hasil perhitungan analisis finansial dapat dilihat pada tabel laba rugi (*income statement*) dan tabel proyeksi arus kas (*cash flow projection*). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil perhitungan NPV, BEP, PBP, BCR, dan COGS digunakan sebagai indikator kelayakan sebuah investasi. Dengan perbedaan komponen biaya gaji pekerja, diperoleh hasil yang berbeda antara UMP (Upah Minimum Provinsi) dengan UMK. Nilai NPV di atas 1 menunjukkan industri layak. Semakin tinggi nilainya akan semakin baik. Lamanya periode pengembalian modal dilihat dari PBP dimana semakin kecil nilainya akan semakin baik. Keseluruhan investasi di kota/kabupaten di DIY adalah layak merujuk pada hasil NPV pada Tabel 2.

Selain faktor kelayakan investasi, menghitung sensitivitas industri terhadap beberapa perubahan pembiayaan dapat menjadi acuan untuk mengetahui kekuatan industri. Pada penelitian ini, perhitungan sensitivitas dilakukan pada perubahan jumlah produk terjual, harga jual produk (tahu), harga bahan baku (kedelai) dan gaji pekerja (Suhendra dkk, 2019). Indikator kelayakan yang digunakan dalam sensitivitas adalah hasil perhitungan NPV terhadap perubahan masing-masing faktor. Rentang sensitivitas untuk perubahan komponen biaya hingga 99% guna melihat faktor yang paling sensitif pada industri tahu. Nilai saat ini pada sensitivitas 0% (*now*) dari jumlah tahu terjual adalah 3000 unit/hari, harga jual tahu Rp 300/unit, harga bahan baku kedelai Rp7.152,15/kg dan gaji pekerja berdasarkan UMR tahun 2019 yakni; Rp1.846.400 (Kota Yogyakarta), Rp1.701.000 (Sleman), Rp1.649.800

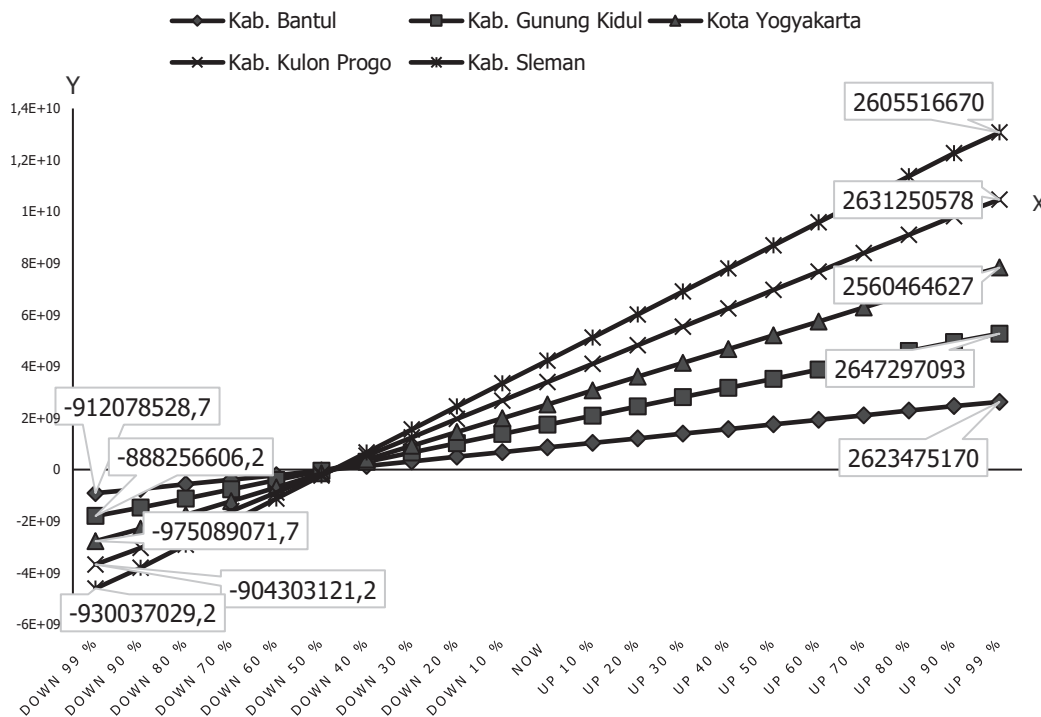
(Bantul), Rp1.613.200 (Kulon Progo), Rp1.571.000 (Gunungkidul).

Sumbu Y pada Gambar 7 hingga Gambar 10 adalah perubahan nilai rupiah sebagai hasil dari perhitungan NPV. Sumbu X adalah perubahan harga pada penurunan dan kenaikan hingga 99% dari kondisi harga saat ini (*now*).

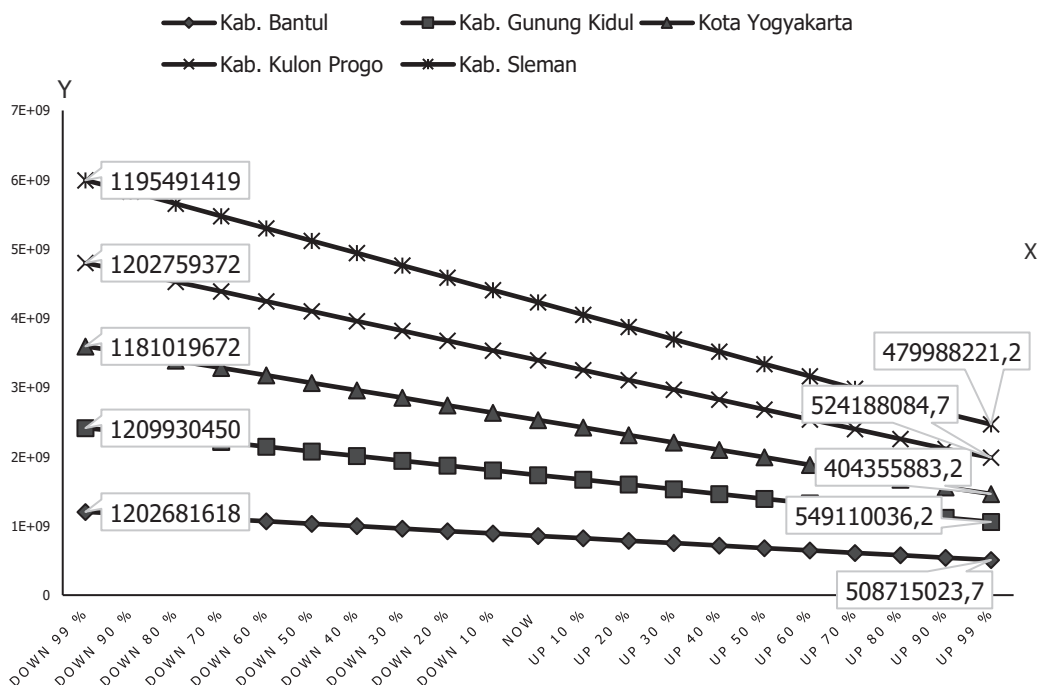
Gambar 7 dan 10 menunjukkan pada persentase perubahan 50% nilai NPV menjadi negatif. Hal ini berlaku bagi seluruh kota/kabupaten di DIY. Meski pola yang dihasilkan serupa, tetapi nilai NPV yang dihasilkan berbeda. Hal ini juga menunjukkan bahwa faktor perubahan harga tahu dan jumlah tahu terjual akan mempengaruhi kelayakan dari industri. Perubahan signifikan pada pendapatan menjadi faktor yang menyebabkan sensitivitas tinggi pada ke-2 aspek ini. Dimana perubahan harga tahu dan jumlah produk terjual berarti berubah pendapatan industri.

Berbeda dengan Gambar 7 dan 10, Gambar 8 dan 9 untuk faktor sensitivitas dari perubahan harga bahan baku dan perubahan gaji pekerja tidak secara signifikan mempengaruhi kelayakan industri. Bahkan pada kenaikan gaji pekerja hingga 99%, NPV yang dihasilkan keseluruhan masih di atas 508.715.020 dan pada perubahan harga kedelai hingga 99% masih menunjukkan NPV di atas 836.027.840.

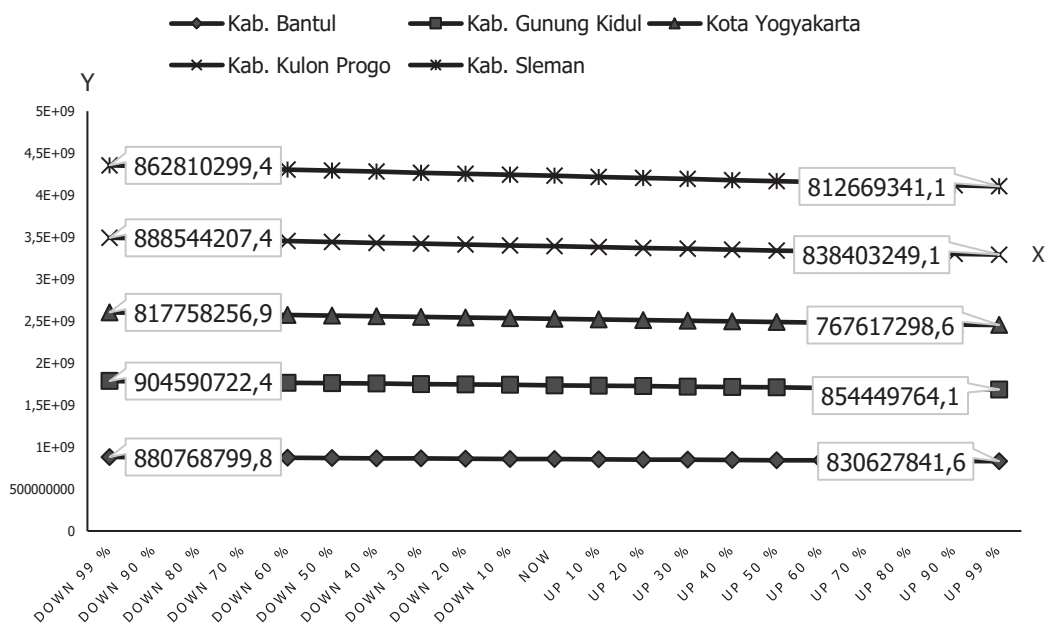
Secara keseluruhan, perubahan harga jual tahu dan jumlah produk terjual mempengaruhi secara signifikan hasil NPV. Sebagaimana tampak pada



Gambar 7. Grafik sensitivitas pada perubahan jumlah produk terjual (tahu) di Provinsi DIY



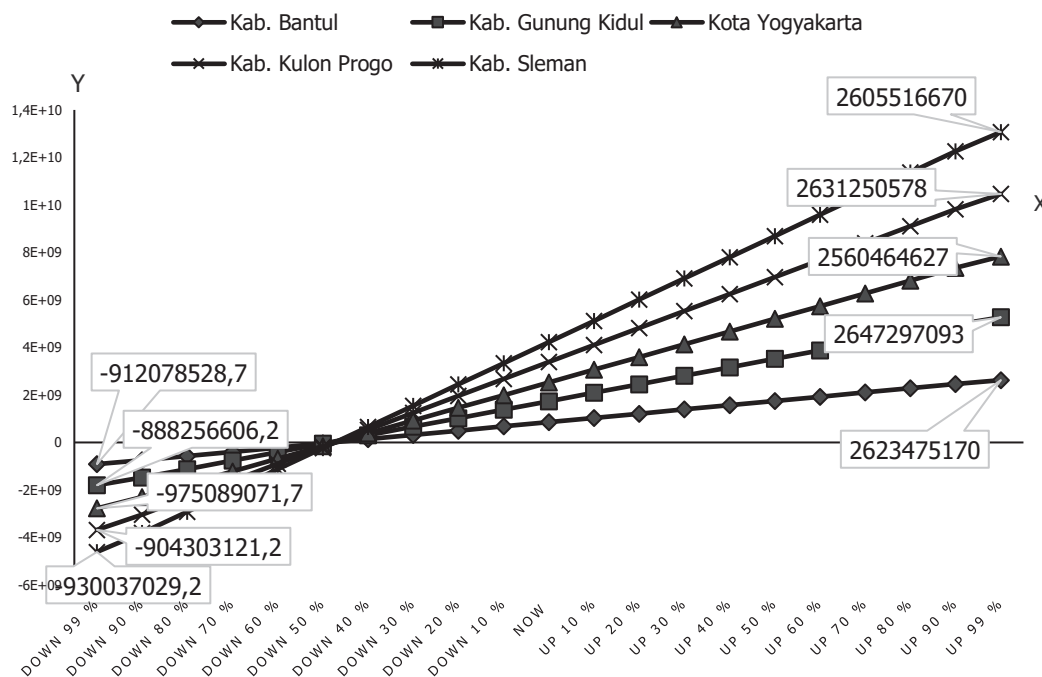
Gambar 8. Grafik sensitivitas pada perubahan gaji pekerja di Provinsi DIY



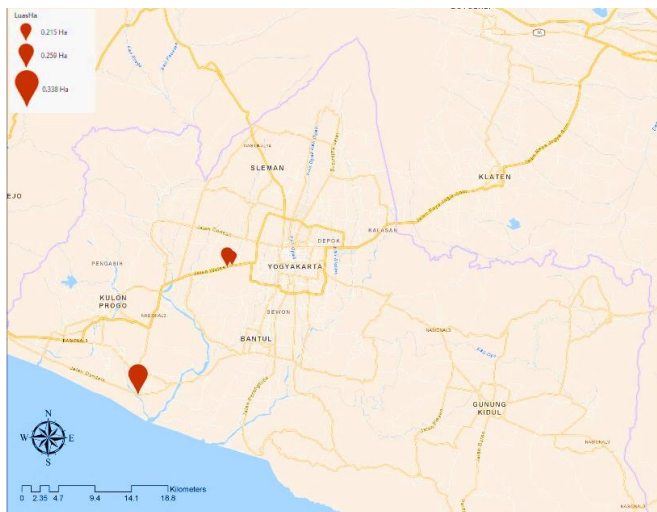
Gambar 9. Grafik sensitivitas pada perubahan harga kedelai di Provinsi DIY

gambar 7 dan 10 dengan perubahan sumbu Y (nilai NPV) positif menjadi negatif pada penurunan (*down*) 50%. Hal ini berlaku secara menyeluruh disemua tempat di DIY. Pola garis yang dihasilkan juga sama persis, hanya saja secara nilai berbeda. Pada angka penurunan harga jual dan jumlah produksi hingga 50%

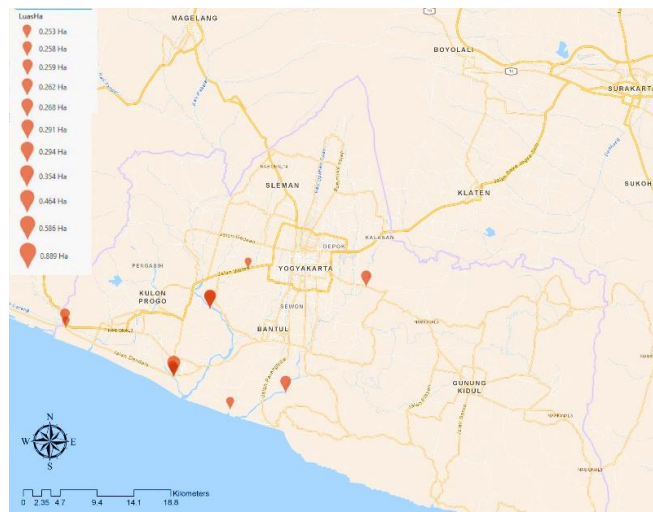
menyebabkan NPV industri berada pada angka di bawah 1 yakni senilai (-)100.128.812 untuk Kota Yogyakarta, (-)55.076.770 untuk Kabupaten Sleman, (-)29.342.862 untuk Kabupaten Kulon Progo, (-)37.118.269 untuk Kabupaten Bantul, dan (-)13.296.347 untuk Kabupaten Gunungkidul.



Gambar 10. Grafik sensitivitas pada perubahan harga jual tahu di Provinsi DIY



Gambar 11. Hasil analisis spasial lokasi terpilih skor 15

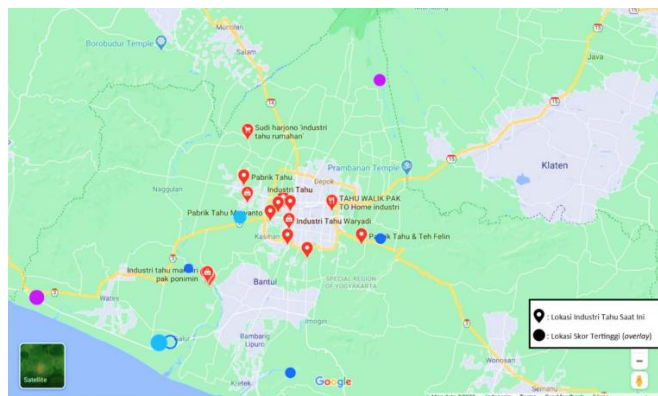


Gambar 12. Hasil analisis spasial lokasi terpilih skor 14

Analisis lingkungan dalam penelitian ini dilakukan dengan pendekatan spasial. Data berupa peta jalan, sungai, permukiman, area cagar budaya, kelerengan, dan area bernilai 1, menjadi *input* untuk diolah menggunakan teknik *overlay*. Setiap layer berisi skor yang akan dijumlahkan dan dikalikan. *Tool ModelBuilder* pada ArcGIS Pro 2.3.2 digunakan untuk mempermudah proses *overlay*, sekaligus merunut tahapan dalam menentukan lokasi terpilih bagi pendirian industri tahu sekala kecil menengah.

Teknik *overlay* akan menunjukkan area dengan skor tertinggi, dimana semakin tinggi berarti semakin aman untuk pendirian industri. Rentang skor hasil analisis spasial beragam dari 1-15. Kemudian dilakukan pemilihan hanya pada lokasi dengan skor 13, 14, dan 15 di seluruh DIY.

Area terluas dengan skor tertinggi 15 sebanyak 3 titik, tersebar di Kabupaten Bantul seluas 0,338 hektar dan dua titik di Kulon Progo seluas 0,215 hektar dan 0,259 hektar (Gambar 11). Pada area terpilih



Gambar 13. Sebaran industri tahu di DIY (14 sampel)

dengan skor 14, ditemukan area terluas 0,889 hektar di Kabupaten Bantul (Gambar 12). Pada area terpilih dengan skor 13 ditemukan area terluas 0,82 hektar di Kabupaten Kulon Progo.

Jika merujuk pada pemilihan lokasi industri yang layak secara lingkungan dalam penelitian ini, ditemukan area terluas pada skor 15 di Kabupaten Bantul, area terluas pada skor 14 di Kabupaten Bantul, dan area terluas pada skor 13 di Kabupaten Kulon Progo. Perhitungan dengan analisis *overlay* menggunakan ArcGIS menunjukkan Kabupaten Kulon Progo dan Bantul menjadi lokasi dengan pemenuhan kriteria lebih banyak khususnya untuk pendirian industri baru. Lokasi tersebut dapat menjadi alternatif untuk pengembangan konsep industri tahu atau industri lain yang lebih ramah lingkungan.

Selanjutnya dapat dilakukan perbandingan area industri terpilih secara spasial pada penelitian ini dengan persebaran area industri tahu di DIY. Hasil perbandingan dengan 14 lokasi industri tahu di DIY, ditemukan bahwa tidak ada dari 14 lokasi tersebut yang berada pada area terpilih berdasarkan perhitungan spasial lingkungan. Faktor ini salah satunya disebabkan ketidakadaan perencanaan pendirian industri tahu pada masyarakat. Masyarakat pada umumnya mendirikan industri tahu sebagai bagian dari mata pencaharian. Pendirian industri tersebut umumnya berdasarkan pada kedekatan rumah dengan aliran sungai. Aktivitas ini juga dilakukan secara turun temurun. Pada wawancara dengan pemilik industri tahu di Kampung Sudagaran, Tegalorejo, dan Kampung Dukuh, Gedongkiwo. Yogyakarta, dijelaskan bahwa usaha produksi tahu telah dilakukan turun temurun. Tidak ada pertimbangan lokasi lain selain kedekatan dengan sungai, karena sungai menjadi tempat pembuangan limbah cair tahu.

Pengembangan aplikasi pendukung keputusan pemilihan lokasi industri dan kelayakan industri dapat dimanfaatkan dalam mendukung misi membangun

konsep industri berkelanjutan. Kedua aspek yakni finansial dan lingkungan telah dicoba dibuat dalam sebuah rancangan sistem saling terintegrasi. Riset validasi perlu dilakukan lagi sebagai pengembangan untuk menguji efektivitas IFSS dalam menentukan keputusan pemilihan lokasi industri.

KESIMPULAN

Hasil perancangan aplikasi pendukung keputusan pemilihan lokasi agroindustry dalam penelitian ini diberi nama IFSS (*Industrial Feasibility Support System*). IFSS memanfaatkan dua elemen data untuk menentukan lokasi pendirian industri dan studi kelayakan pendirian industri. Aplikasi ini dirancang sebagai alat untuk membantu dalam pengambilan keputusan. Analisis finansial menghasilkan nilai NPV, BCR, PBP, COGS dan BEP untuk mengacu pada kelayakan investasi. Sensitivitas kurang dari 50% pada perubahan harga jual produk dan jumlah produk terjual menghasilkan NPV negatif yang berarti tidak layak. Sementara hingga sensitivitas 99% pada perubahan gaji pekerja dan harga bahan baku masih menunjukkan NPV positif. Lokasi dalam tingkat kota/kabupaten yang di hitung menggunakan analisis finansial menunjukkan bahwa Kabupaten Gunungkidul memiliki prospek kelayakan yang lebih tinggi dibanding dengan kabupaten lain. Hal ini salah satunya dikarenakan lebih rendahnya biaya produksi dipengaruhi oleh UMR Kabupaten Gunungkidul yang lebih rendah dibandingkan dengan kabupaten lain. Tetapi berdasarkan hasil pemilihan lokasi menggunakan teknik *overlay*, Kabupaten Bantul dan Kulon Progo memiliki standar skor lebih tinggi dan dominan dibanding Gunungkidul. Hal ini kemungkinan berhubungan dengan kontur daerah di Gunungkidul dengan ketersediaan kelerengan diatas 15% lebih banyak.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak ada konflik atau kepentingan dengan pihak lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Aiello, G., Giovino, I., Vallone, M., Catania, P., & Argento, A. (2018). A decision support system based on multisensor data fusion for sustainable greenhouse management. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4057–4065. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.197>
- Badri, M. A. (2007). Dimensions of industrial location factors: Review and exploration. *Business and Public Affairs*, 1(2), 4–26.

- Bravo-Fritz, C. P., Sáez-Navarrete, C. A., Herrera Zeppelin, L. A., & Ginocchio Cea, R. (2015). Site selection for microalgae farming on an industrial scale in Chile. *Algal Research*, 11, 343–349. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2015.07.012>
- Chen, L., Olhager, J., & Tang, O. (2014). Manufacturing facility location and sustainability: A literature review and research agenda. *International Journal of Production Economics*, 149, 154–163. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.05.013>
- Cobo, Á., Llorente, I., Luna, L., & Luna, M. (2019). A decision support system for fish farming using particle swarm optimization. *Computers and Electronics in Agriculture*, 161, 121–130. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.03.036>
- Drakaki, M., Gören, H. G., & Tzionas, P. (2018). An intelligent multi-agent based decision support system for refugee settlement siting. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 576–588. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.06.013>
- Dutta, G., Gupta, N., Mandal, J., & Tiwari, M. K. (2018). New decision support system for strategic planning in process industries: Computational results. *Computers and Industrial Engineering*, 124, 36–47. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.07.016>
- Fu'ad, N. E. (2015). Pengaruh pemilihan lokasi terhadap kesuksesan usaha berskala mikro/kecil di kompleks shopping centre Jepara. *Media Ekonomi dan Manajemen*, 30(1), 56–67. <https://doi.org/10.24856/mem.v30i1.234>
- Gunarta, I. K. (2012). *Rancang bangun model pendukung keputusan pengembangan agroindustri crude palm oil berbasis spasial* [Tesis, Institut Pertanian Bogor]. IPB University Scientific Repository. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/65012>
- Indrianingsih, Y. (2018). Decision support system to determine the number of production tofu using the fuzzy sugeno method (case study: home industries tofu in Seyegan district). *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta*, 4. <https://doi.org/10.28989/senatik.v4i0.216>
- Krishnaiyer, K., & Chen, F. F. (2017). A Cloud-based kanban decision support system for resource scheduling & management. *Procedia Manufacturing*, 11, 1489–1494. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.280>
- Kumar, S., & Bansal, V. K. (2016). A GIS-based methodology for safe site selection of a building in a hilly region. *Frontiers of Architectural Research*, 5(1), 39–51. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2016.01.001>
- Kusnandar. (2006). *Rancang bangun model pengembangan industri kecil jamu*. [Tesis, Institut Pertanian Bogor]. IPB University Scientific Repository. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/40681>
- Mayasari, R., & Santoso, B. (2018). Perencanaan tata letak fasilitas di pabrik tahu pong Enggal Jaya Palembang. *Integrasi: Jurnal Ilmiah Teknik*, 2(2), 35–41. <https://doi.org/10.32502/js.v2i2.1249>
- Mitchell, A. (2012). *The ESRI Guide to GIS Analysis: Modeling suitability, movement, and interaction Vol. 3*. ESRI Press, California.
- Moallemi, E. A., Elsayah, S., & Ryan, M. J. (2020). Strengthening 'good' modelling practices in robust decision support: A reporting guideline for combining multiple model-based methods. *Mathematics and Computers in Simulation*, 175, 3–24. <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2019.05.002>
- Pamungkas, A. W., & Slamet, A. (2017). Pengolahan tipikal instalasi pengolahan air limbah industri tahu di kota Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), D123–D128. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.24585>
- Prasad, D., & Ratna, S. (2018). Decision support systems in the metal casting industry: An academic review of research articles. *Materials Today: Proceedings*, 5(1), 1298–1312. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.215>
- Pratiwi, I., Muslimah, E., & Wahab Aqil, D. A. (2012). Perancangan tata letak fasilitas di industri tahu menggunakan blocplan. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 11(2).
- Rikalovic, A., Cosic, I., & Lazarevic, D. (2014). GIS based multi-criteria analysis for industrial site selection. *Procedia Engineering*, 69, 1054–1063. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.090>
- Siddiqui, A. W., Raza, S. A., & Tariq, Z. M. (2018). A web-based group decision support system for academic term preparation. *Decision Support Systems*, 114, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2018.08.005>
- Suhendra, Suwondo, E., Ismoyowati, D., & Matsuoka, M. (2019). Feasibility of establishing small and medium agro-industries in Kabawetan Subdistrict, Indonesia, based on economic and spatial analyses. *Research Reports of Kochi University*, 68, 169–182.
- Trivedi, A. (2018). A multi-criteria decision approach based on DEMATEL to assess determinants of shelter site selection in disaster response. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 722–728. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.07.019>
- Vieira, M., Pinto-Varela, T., & Barbosa-Póvoa, A. P. (2019). A model-based decision support framework for the optimisation of production planning in the biopharmaceutical industry. *Computers and Industrial Engineering*, 129, 354–367. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.045>
- Wibawa, D. S. (2007). *Sistem Penunjang Keputusan Pembangunan Agroindustri Skala Kecil Berbasis Kentang*. [Tesis, Institut Pertanian Bogor]. IPB University Scientific Repository. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/11163>