 Icon

Description automatically generated

**Laporan *Project Based Learning* Mata Kuliah**

**VE230519 – Optimasi Industri**

**Semester Gasal 2024/2025**

***Structural Health Monitoring System***

Disusun oleh:

Taufiq Septiyawan Azhari

NRP 2040221004

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi

Departemen Teknik Elektro Otomasi

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

DAFTAR ISI

[DAFTAR ISI ii](#_Toc183902280)

[RINGKASAN iii](#_Toc183902281)

[BAB I PENDAHULUAN 1](#_Toc183902282)

[1.1 Deskripsi Project 1](#_Toc183902283)

[1.2 Target dan Cakupan Project 2](#_Toc183902284)

[BAB II MATERI MATA KULIAH OPTIMASI INDUSTRI 4](#_Toc183902285)

[2.1 Capaian Pembelajaran Mata Kuliah 4](#_Toc183902286)

[2.2 Materi Perkuliahan 4](#_Toc183902287)

[2.2.1 Konsep dasar riset operasi dan optimasi 4](#_Toc183902288)

[2.2.2 Linear Programming dan penerapannya 5](#_Toc183902289)

[2.2.3 Metode Simplex, dualitas dalam optimasi 7](#_Toc183902290)

[2.2.4 Optimasi nonlinear 8](#_Toc183902291)

[2.2.5 Algoritma Genetika untuk optimasi 8](#_Toc183902291)

[BAB III ANALISA KORELASI PROJECT DENGAN MATA KULIAH 10](#_Toc183902292)

[BAB IV MATERI YANG PERLU DIPERDALAM 11](#_Toc183902293)

[DAFTAR PUSTAKA 12](#_Toc183902294)

**RINGKASAN**

Teknologi 4.0 atau Revolusi Industri 4.0 mengedepankan penggunaan teknologi digital dan otomatisasi dalam produksi. Penerapannya tidak hanya terbatas pada sektor industri tetapi juga menawarkan peluang besar bagi perusahaan untuk meningkatkan efisiensi produksi, mempercepat waktu respon terhadap permintaan pasar, dan mengurangi risiko kecelakaan. Beberapa teknologi kunci dalam Industri 4.0 termasuk *Internet of Things* (IoT), *big data*, robotika, dan kecerdasan buatan (AI). Penerapan teknologi 4.0 dapat mengurangi biaya produksi, meningkatkan produktivitas, dan memungkinkan perusahaan untuk lebih inovatif dalam menciptakan produk dan layanan yang lebih baik. Namun, perusahaan juga perlu memperhatikan aspek keamanan siber dan privasi data untuk menghindari risiko yang mungkin terjadi. Salah satu aplikasi teknologi 4.0 adalah dalam *Structural Health Monitoring System* (SHMS), yang bertujuan untuk memantau kondisi fisik struktur gedung guna mendeteksi kerusakan. Dengan menggunakan sensor, data mengenai getaran, kemiringan, keregangan, suhu dan kelembaban dapat dikumpulkan secara *real-time* dari berbagai bagian struktur. Data ini kemudian dianalisis menggunakan kecerdasan buatan untuk mengidentifikasi pola dan anomali yang mungkin menunjukkan potensi kerusakan atau kegagalan struktural. Penggunaan teknologi 4.0 dalam SHMS memungkinkan deteksi dini masalah struktural, sehingga tindakan pencegahan dapat diambil sebelum kerusakan menjadi parah, mengurangi biaya perbaikan, dan meningkatkan keselamatan publik dengan mengurangi risiko kegagalan struktural yang dapat berakibat fatal.

***Kata Kunci : Monitoring, SHMS, dan fitur***

# PENDAHULUAN

* 1. Deskripsi **Projec**t
     1. **Latar Belakang**

Structural Health Monitoring System (SHMS) adalah sebuah sistem yang dirancang untuk menganalisis kesehatan bangunan berdasarkan berbagai faktor seperti keregangan, kemiringan, getaran, suhu, dan kelembaban. Dengan menggunakan sensor dan penerapan teknologi 4.0, SHMS dapat memantau kondisi fisik struktur bangunan secara real-time. Data yang diperoleh dari sensor-sensor ini kemudian dianalisis untuk mendeteksi anomali atau perubahan yang dapat mengindikasikan potensi kerusakan struktural. Hal ini memungkinkan pihak terkait untuk melakukan proactive maintenance guna menghindari risiko kerusakan yang lebih besar. SHMS melibatkan pemasangan sensor pada titik-titik kritis dari sebuah bangunan. Sensor-sensor ini nantinya akan mengukur keregangan, kemiringan, getaran, suhu, dan kelembaban secara kontinu. Misalnya, Sensor akselero digunakan untuk mendeteksi perubahan dalam pola getaran. Sensor MPU6050 digunakan untuk mendekteksi kemiringan pada struktur bangunan. Sensor Strain Gauge digunakan untuk mendeteksi ketika ada retakan dan deformasi pada struktur bangunan. Sensor suhu dan kelembaban digunakan untuk memantau perubahan suhu dan kelembaban yang nantinya akan mempengaruhi kekuatan material pada struktur bangunan.

Data sensor kemudian diolah menggunakan mikrokontroler untuk melakukan analisis pendeteksian getaran ringan hingga getaran berat. Pengolahan data tersebut menggunakan algoritma fuzzy logic. Algoritma ini mendeteksi perubahan getaran signifikan pada sebuah struktur bangunan.

Data dikumpulkan oleh sensor akan dikirimkan dan kemudian ditampung pada database. Data-data tersebut nantinya akan dianalisis menggunakan algoritma fuzzy logic. Algoritma ini mampu mendeteksi pola yang tidak biasa atau perubahan signifikan yang mungkin menandakan kerusakan struktural. Sebagai contoh, peningkatan suhu di suatu area tertentu dapat menunjukkan adanya masalah pada sistem pendingin atau isolasi, sementara perubahan kelembaban bisa mengindikasikan masalah lainnya yang dapat mempengaruhi integritas struktur.

* + 1. **Rumusan Masalah**

Dari desrkipsi projek diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana mendeteksi dan menganalisis secara *Real-Time* perubahan fisik pada struktur bangunan,
2. Bagaimana mengintegrasikan sensor dan teknologi *Internet Of Think* untuk memantau kesehatan bangunan secara efisien.
   * 1. **Tujuan Proyek**

Tujuan dari pembuatan *Structural Health Monitoring System* (SHMS) adalah memantau kondisi Kesehatan struktur bangunan secara *Real-Time* dengan menggunakan sensor yang mendeteksi kemiringan, getaran, suhu, dan kelembaban. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi perubahan yang menjadi indikasi potensi kerusakan struktural sehingga memungkinkan perawatan bangunan sebelum kerusakan yang lebih besar.

* 1. **Target dan Cakupan Project**

Kemudian rincian cakupan proyek yang harus dibuat dalam pelaksanaan proyek sebagai berikut :

1. Pembuatan dan Perancangan Sistem Elektrikal dan Mekanis.
2. Penentuan fitur pada website.
3. Desain Website SHMS.
4. Perancangan RAB.
5. Pembuatan Alat Monitoring.
6. Uji Coba Alat Monitoring.
7. Pengambilan data dan pengolahan data menggunakan Fuzzy Logic

# MATERI MATA KULIAH TEKNIK PERAWATAN DAN PERBAIKAN

* 1. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah

Adapun capaian pembelajaran matakuliah Bahasa Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Mahasiswa mampu memahami konsep dasar riset operasi dan optimasi
2. Mahasiswa mampu memahami Linear Programming dan penerapannya
3. Mahasiswa mampu menggunakan metode Simplex, dualitas dalam optimasi
4. Mahasiswa mampu memahami optimasi nonlinear
5. Mahasiswa mampu menggunakan Algoritma Genetika untuk optimasi
   1. Materi Perkuliahan
6. Pengenalan Riset Operasi

Secara umum, riset dapat dipahami sebagai serangkaian langkah terorganisir untuk menemukan kebenaran terkait suatu masalah, sementara operasi diartikan sebagai langkah-langkah yang diambil untuk menangani masalah tersebut. Dapat disimpulkan bahwa Riset Operasi berkenaan dengan pengambilan keputusan optimal dalam penyusunan model dari sistem-sistem baik deterministic maupun probabilistic yang berasal dari kehidupan nyata. Aplikasi-aplikasi ini, yang terjadi dalam pemerintah, bisnis, teknik, ekonomi, serta ilmu pengetahuan alam dan social ditandai dengan kebutuhan untuk mengalokasikan sumberdaya-sumberdaya yang terbatas.

Riset Operasi sangat bermanfaat dalam menangani masalah-masalah dengan cara mengarahkan dan mengkoordinasikan operasi atau kegiatan dalam suatu organisasi, mengatasi segala keterbatasan melalui prosedur "search for optimality."

1. Model-model dalam operations research

Banyak model Operations Research yang sudah dikembangkan dan digunakan terhadap persoalan-persoalan bidang usaha. Model tersebut dapat dikelompokkan ke dalam beberapa jenis, yaitu:

1. Linear Programming

Program ini memuat metode grafik, simpleks, dan dualitas yang digunakan pada proses alokasi. Program ini akan menjawab persoalan bila:

a. Terdapat sejumlah kegiatan untuk dilaksanakan dan terdapat alternative cara untuk melaksanakannya.

b. Sumber dan fasilitas tidak tersedia untuk melaksanakan tiap kegiatan dengan cara yang paling efektif.

Persoalan ialah menggabungkan kegiatan dan sumber sedemikian rupa hingga terdapat efektivitas keseluruhan secara maksimal.

1. Metode Transportasi

Permasalahan ini merupakan bagian spesifik dari proses alokasi. Metode ini memiliki pendekatan sendiri untuk menanggapi masalah alokasi, termasuk metode bantu loncatan (stepping stone), metode MODI, dan pendekatan Vogel's.

1. Metode Penugasan

Model ini terkait dengan penugasan optimal dari berbagai sumber yang produktif atau personel dengan tingkat efisiensi yang bervariasi untuk tugas-tugas yang beragam.

1. Teori Network

Teori jaringan mencakup berbagai permasalahan dan solusi dalam manajemen proyek yang melibatkan perencanaan dan penjadwalan. Dalam konteks ini, alat yang sering digunakan adalah CPM (Critical Path Method) dan PERT (Program Evaluation and Review Technique).

1. Teori Keputusan

Ciri penting dari teori keputusan adalah ketidakpastian mengenai akibat dari tindakan yang diambil. Dalam situasi ini, peluang terkait dengan berbagai kondisi. Keputusan dapat dibuat dalam konteks kepastian, risiko, dan ketidakpastian, tergantung pada tingkat pengetahuan kita tentang kondisi-kondisi tersebut. Salah satu cara untuk memperkirakan masa depan, meskipun hanya memiliki sejumlah kecil informasi, adalah melalui statistik Bayes.

1. Teori Permainan

Teori permainan menyediakan kerangka konseptual di mana persoalan kompetisi dapat dirumuskan. Teori ini telah berhasil digunakan oleh dunia bisnis untuk mengembangkan strategi periklanan, kebijakan harga, dan penentuan waktu perkenalan produk baru.

1. Terori Antrian

Antrian, atau sering disebut sebagai teori garis tunggu, berkaitan dengan pengaturan acak atau tetap dalam suatu fasilitas pelayanan yang memiliki kapasitas terbatas. Tujuan dari model ini adalah memungkinkan seseorang untuk menentukan jumlah optimal orang atau fasilitas yang diperlukan untuk melayani pelanggan, dengan mempertimbangkan biaya pelayanan dan biaya waktu tunggu.

1. Teori Penggantian

Teori penggantian membahas masalah penggantian peralatan yang tua karena usia serta penggantian yang dilakukan sesuai kebijakan pada interval tertentu, baik karena penggunaan berkelanjutan maupun tidak selama periode tertentu. Kebijakan penggantian ini bertujuan untuk mencapai jumlah biaya sekecil mungkin (minimum). Selain itu, teori penggantian juga membahas masalah penggantian peralatan yang rusak secara mendadak, seperti akibat benturan sehingga peralatan tidak dapat digunakan sama sekali.

1. Pengenalan Linear Programming

Linear Programming (Pemrograman Linier) adalah sebuah metode matematis yang berkarakteristik linear untuk menemukan suatu penyelesaian optimal dengan cara memaksimumkan atau meminimumkan fungsi tujuan terhadap satu susunan kendala. Tujuannya adalah menyusun model yang dapat membantu pengambilan keputusan dalam menentukan alokasi optimal sumber daya perusahaan ke berbagai alternatif.

1. Pemodelan dengan Linear Programming

Model linear programming merupakan bentuk dan susunan dalam menyajikan masalah-masalah yang akan dipecahkan dengan teknik Linear Programming (LP). Model LP mempunyai tiga unsur utama, yaitu:

1. Variabel keputusan yaitu variabel persoalan yang akan mempengaruhi nilai tujuan yang hendak dicapai. Didalam proses pemodelan, penemuan variabel keputusan harus dilakukan terlebih dahulu sebelum merumuskan fungsi tujuan dan fungsi batasan (kendala-kendalanya). Misalnya dengan mengajukan pertanyaan: keputusan apa yang harus dibuat agar nilai fungsi tujuan menjadi maksimum atau minimum.
2. Fungsi tujuan yaitu fungsi yang menggambarkan tujuan dalam permasalahan LP yang berkaitan dengan pengaturan secara optimal sumber daya - sumber daya, untuk memperoleh keuntungan maksimal atau biaya minimum. Dengan simbol Z. Oleh karena itu hanya ada dua kemungkinan fungsi tujuan, yaitu

a. Maksimimkan *Z = f* (X1, X2, ...Xn)

b. Minimumkan *Z = f* (X1, X2, ...Xn)

1. Fungsi batasan (kendala) yaitu bentuk penyajian secara matematis batasan-batasan kapasitas yang tersedia yang akan dialokasikan secara optimal ke berbagai kegiatan.

Untuk memudahkan pembahasan model Linear Programming ini, maka disusun tabel standar Linear Programming seperti table di bawah:

**Tabel 2. 1** Data model linear programming

A table with numbers and letters

Description automatically generated

Dengan pengertian symbol sebagai berikut:

Xj = banyaknya kegiatan j ( j = 1, 2, ..., n). Variabel Xj ini disebut juga dengan variabel keputusan (decision variables)

Z = nilai fungsi tujuan yang diopotimalkan (maksimum atau minimum)

Cj = kenaikan nilai Z apabila ada pertambanhan tingkat kegiatan (Xj) dengan satu satuan (unit) atau merupakan keuntungan per unit (masalah maksimasi), biaya per unit (masalah minimasi) kegiatan j terhadap nilai Z.

aij = banyaknya sumber i yang di perlukan guna menghasilkan setiap unit output kegiatan j (i = 1, 2, ..., m, dan j = 1,2, ..., n)

bi = banyaknya sumber (fasilitas) i yang tersedia untuk dialokasikan ke setiap unit kegiatan (i = 1,2, ..., m)

Atas dasar Tabel 2.1 di atas, dapat disusun model standard Linear Programming sebagai berikut:

Fungsi tujuan :

Maksimumkan/minimumkan: Z = ∑ Cj.X j = C1X1 + C2X2 + ... + CnXn

Dengan kendala atau batasan:

A black and white text

Description automatically generated

Atau:

1. a11X1 + a12X2 + ... + a1nXn (≤,=,≥) b1

2. a21X1 + a22X2 + ... + a2nXn (≤,=,≥) b2

.

.

m. am1X1 + am2X2 + ... + amnXn (≤,=,≥) bm

dan

Xj ≥ 0 atau X1 ≥ 0, X2 ≥ 0, ...... Xn ≥ 0

* + 1. **Metode Simplex dan Analisis Sensitivitas**

**Metode Simplex**

Apabila suatu masalah Linear Programming hanya mengandung 2 variabel keputusan saja (X1 dan X2), maka dapat diselesaikan dengan metode grafik dan metode simpleks. Tetapi apabila melibatkan lebih dari 2 variabel keputusan maka metode grafik tidak dapat digunakan lagi, sehingga diperlukan metode simpleks.

Metode Simpleks yaitu suatu cara yang lazim dipakai untuk menentukan kombinasi optimal dari dua variabel atau lebih, dengan menggunakan tabel-tabel.

1. **Masalah Maksimal (Laba)**

Langkah-langkah penyelesaian:

1. **Mengubah fungsi tujuan dan batasan-batasan**

* Fungsi tujuan diubah menjadi fungsi implisit yaitu semuanya bergeser kekiri.
* Batasan-batasan diubah menjadi kesamaan, dengan cara menambah slack variabel. Slack variabel adalah S1, S2, …, Sn. Jika hasil kegiatan yang ada mewakili X1 dan X2, maka slack variabel dimulai dari S1, S2, dast-nya.

Misalnya: Batasan-batasan (1) 2X1 ≤ 8

(2) 3X2 ≤ 15

(3) 6X1 + 5X2 ≤ 30

Non Negatif X1, X2 ≥ 0

Menjadi :

Batasan-batasan (1) 2X1 + S1 = 8

(2) 3X2 + S2 = 15

(3) 6X1 + 5X2 + S3 = 30

Non negatif X1, X2 ≥ 0

1. **Menyusun persamaan-persamaan didalam Tabel**

**Tabel 2. 2** Metode Simpleks dalam Bentuk Simbol

A table with numbers and letters

Description automatically generated

NK adalah nilai kanan persamaan (nilai dibelakang tanda =)

Variabel dasar adalah variabel yang nilainya sama dengan sisi kanan persamaan.

**Tabel 2. 3** Tabel variable dasar

A table with numbers and symbols

Description automatically generated

1. **Memilih kolom kunci**

Pilihlah kolom yang mempunyai nilai pada garis fungsi tujuan yang bernilai negatif dengan angka terbesar, dan berilah tanda segiempat pada kolom tersebut.

**Tabel 2. 4** Tabel kolom kunci

**A table with numbers and letters

Description automatically generated**

1. **Memilih baris kunci**

* Terlebih dahulu dicari indeks tiap-tiap baris, dengan rumus:

Indeks =

( 0/-5, 8/0, 15/3, 30/5) = (0, ~, 5, 6)

* Pilihlah baris yang mempunyai indeks positif dengan angka terkecil.
* Berilah tanda segiempat pada baris kunci tersebut. Nilai yang masuk dalam kolom kunci dan dalam baris kunci disebut angka kunci.

**Tabel 2. 5** Tabel baris kunci

**A table with numbers and symbols

Description automatically generated**

1. **Mengubah nilai-nilai baris kunci, dengan cara:**

Gantilah variabel dasar pada baris tersebut , dengan variabel yang terdapat dibagian atas kolom kunci.

**Tabel 2. 6** Tabel ubah baris kunci

**A grey and black text

Description automatically generated with medium confidence**

Nilai baru baris kunci : (0/3, 3/3, 0/3, 1/3, 0/3; 15/3)

= ( 0, 1, 0 , 1/3, 0, 5)

1. **Mengubah nilai-nilai selain pada baris kunci**

Dengan rumus :

Baris baru = Baris lama – ( koefisien pada kolom kunci x nilai baru baris kunci)

**Tabel 2. 7** kolom baris baru

**A table with numbers and symbols

Description automatically generated**

1. **Melanjutkan perbaikan-perbaikan**

Ulangi langkah ke-3 sampai dengan langkah ke-6. Perubahan baru berhenti setelah pada “baris pertama” (fungsi tujuan) tidak ada yang bernilai negatif. Berarti hasil dari Tabel tersebut sudah merupakan hasil yang optimal.

**Tabel 2. 8** tabel perbaikan

**A table with numbers and letters

Description automatically generated**

1. **Masalah Minimasi (Biaya)**

Langkah – langkah Penyelesaian

* Untuk langkah 1, 2 = maksimasi
* Langkah ke 3 : Pilihlah kolom yang mempunyai nilai pada garis fungsi tujuan yang bernilai negatif dengan angka terkecil
* Untuk langkah 4,5, dan 6 = maksimasi
* Langkah ke 7 : Ulangi langkah ke 3 s/d ke 6. Perubahan baru berhenti setelah “pada baris pertama” (fungsi tujuan) tidak ada yang bernilai positif.
  + 1. **Dualitas dan Analisis Sensitivitas**

Dualitas merujuk pada sebuah isu dalam program linier yang secara sistematis dan langsung didefinisikan dari model asli atau yang dikenal sebagai model primal program linier. Pengertian dualitas ini bervariasi tergantung pada jenis batasan, tanda variabel, fungsi tujuan, dan jenis optimalitas dari berbagai bentuk primal. Sebagai fondasi dari konsep dualitas, seluruh permasalahan program linier harus diungkapkan dalam bentuk standar atau kanonik, sebagaimana yang dilakukan dalam penerapan metode simpleks. Hal ini disebabkan karena semua perhitungan untuk primal dan dual dapat diperoleh secara langsung melalui tabel simpleks, sehingga logis untuk mendefinisikan masalah dual secara konsisten dengan bentuk standar masalah primal.

Bentuk standar masalah primal adalah sebagai berikut.

Mengoptimalkan A mathematical equation with a number and symbols

Description automatically generated with medium confidence

Terhadap batasan A math equation with black letters

Description automatically generated

*x*j ≥ 0

*b*i ≥ 0 dengan *i* = 1,2,3....,*m* = dan *j* = 1,2,3,..., *n*

Bentuk standar ini melibatkan n variabel, yang mencakup variabel slack, variabel surplus, dan variabel semu.

Untuk menghasilkan dual dari permasalahan primal, bentuk standar masalah primal ini kemudian diorganisir dalam tabel primal-dual sebagai langkah selanjutnya.

**Tabel 2. 9** Tabel primal-dual

A table with many symbols

Description automatically generated with medium confidence

Dari tabel di atas terlihat bahwa dual dari masalah primal diperoleh menurut aturan-aturan berikut ini.

1. Setiap fungsi batasan pada primal terdapat sebuah variabel dual.
2. Setiap variabel pada primal terdapat sebuah fungsi batasan dual.
3. Koefisien-koefisien dari sebuah variabel primal menjadi koefisien dari variabel- variabel pada sebuah fungsi batasan dual.
4. Koefisien-koefisien pada fungsi tujuan primal menjadi nilai kanan pada dual.
5. Nilai kanan pada primal menjadi koefisien-koefisien fungsi tujuan pada dual. Dari aturan tersebut dapat disimpulkan bahwa bentuk dual.

dari masalah primal dengan n buah variabel dan m buah persamaan memiliki m buah variabel dan n buah fungsi batasan. Selain aturan-aturan tersebut di atas, dalam membentuk dual dari suatu masalah primal harus dipenuhi pula ketentuan-ketentuan sebagai berikut.

**Tabel 2. 10** Ketentuan dual

A close up of a box

Description automatically generated

Aturan–aturan di atas dan ketentuan pada tabel di atas dapat diterapkan apabila semua fungsi batasan pada masalah primal sudah merupakan persamaan persamaan dengan ruas kanan non negatif dan semua variabel-variabelnya juga non negatif.

# ANALISA KORELASI PROJECT DENGAN MATA KULIAH

# MATERI YANG PERLU DIPERDALAM

Pada matakuliah Optimasi Industri, ada beberapa materi matakuliah yang sekiranya masih perlu diperdalam untuk meningkatkan pemahaman karena dirasa masih sangat kurang tentang mata kuliah ini diantaranya adalah :

1. Riset operasi dan optimasi
2. Linear Programming dan penerapannya
3. Metode Simplex, dualitas dalam optimasi
4. Optimasi nonlinear
5. Algoritma Genetika untuk optimasi

Kami berharap materi kuliah dapat bermanfaat secara akademis dan mengembangkan keterampilan yang berguna bagi karir dan kehidupan mahasiswa. Kami juga sangat mengharapkan dosen memberikan materi dan bimbingan yang cukup, karena hal tersebut tidak hanya mendukung perkembangan akademis, tetapi juga membentuk karakter dan persiapan mahasiswa menghadapi masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

Taha, H. A. (2016). Operation Research: An Introduction, 10th ed. Prentice Hall

Winston, W. L. and Christian Albright (2001). Practical Management Science. Pacific Grove, CA: Duxbury Press

Winston, W. L. (2003) Operation Research: Applications and Algorithms, 4th ed. Duxbury Press.