

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Jalan Tol

Berdasarkan Standar Konstruksi dan Bangunan mengenai geometri jalan bebas hambatan untuk jalan tol yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (2009), jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol. Tujuan dibangunnya jalan tol yaitu untuk memperlancar lalu lintas di daerah yang telah berkembang, meningkatkan pelayanan distribusi barang dan jasa guna menunjang pertumbuhan ekonomi, meningkatkan pemerataan hasil pembangunan dan keadilan, dan meringankan beban dana Pemerintah melalui partisipasi pengguna jalan (Badan Pengatur Jalan Tol, 2014).

2.2 Peraturan-Peraturan Mengenai Transaksi Tol Nontunai di Jalan Tol

Berikut ini adalah beberapa peraturan mengenai transaksi tol nontunai di jalan tol:

1. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2017 Tentang Transaksi Tol Nontunai di Jalan Tol

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2017 Bab I Pasal 1 Poin 8 menyatakan bahwa transaksi tol nontunai yang menggunakan teknologi berbasis nirsentuh adalah transaksi pembayaran uang tol yang dilakukan tanpa bersentuhan secara fisik dengan peralatan transaksi tol.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2017 Bab IV Bagian Kedua Pasal 6 bahwa penyelenggaraan transaksi tol nontunai di jalan tol dilakukan dengan tahapan:

- a. Penerapan transaksi tol nontunai sepenuhnya di seluruh jalan tol per 31 Oktober 2017; dan
- b. Penerapan transaksi yang sepenuhnya menggunakan teknologi berbasis nirsentuh per 31 Desember 2018.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2017 Bab IV Bagian Ketiga Poin 3 bahwa jenis teknologi transaksi tol berbasis nirsentuh harus mendapatkan persetujuan Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT) dan paling sedikit memenuhi kriteria sebagai berikut:

- a. Memiliki tingkat kehandalan dan akurasi yang tinggi sebagai alat pembayaran tarif tol sesuai dengan karakteristik lalu lintas di jalan tol;
- b. Data transmisi dan peralatan harus memenuhi standar internasional;
- c. Memiliki penyimpanan data dengan kapasitas yang memadai;
- d. Memiliki mekanisme antisipasi pelanggaran terhadap transaksi tol;
- e. Dapat dioperasikan dengan seluruh sistem transaksi tol Badan Usaha Jalan Tol (BUJT);
- f. Mengakomodir integrasi sistem transaksi antar BUJT dan sistem transaksi nontunai pada sector transportasi lainnya;
- g. Memiliki sistem yang mampu melakukan penyesuaian besaran tarif tol sebagaimana diatur dengan peraturan perundang-undangan;

- h. Memiliki mekanisme pengawasan dan dapat dikembangkan lebih lanjut sesuai dengan kemajuan teknologi; dan
- i. Sesuai dengan daya beli pengguna jalan tol.

2. Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 149 Tahun 2016 Tentang Pengendalian Lalu Lintas Jalan Berbayar Elektronik

Berdasarkan Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Jakarta Nomor 149 Tahun 2016 Bab IV Pasal 8 Poin 1 menyatakan bahwa teknologi yang digunakan dalam kawasan pengendalian lalu lintas jalan berbayar elektronik adalah:

- a. Multi jalur arus bebas (*multi lane free flow*), yaitu teknologi yang dapat mendeteksi kendaraan multi lajur tanpa perlu berhenti pada waktu proses pemungutan tarif layanan;
- b. Menggunakan kamera yang dapat mendeteksi atau mengenali plat nomor kendaraan dan mengklasifikasi jenis kendaraan secara otomatis;
- c. Menggunakan komunikasi jarak pendek *Dedicated Short Range Communication* (DSRC) frekuensi 5,8 GHz (lima koma delapan gigahertz);
- d. Menggunakan OBU jenis sistem tunggal (*one piece*) yang merupakan OBU sebagai identitas elektronik untuk mendia pembayaran yang terkoneksi kepada akun pada sistem pusat; dan
- e. Menggunakan teknologi pemungutan tarif layanan berdasarkan atas waktu/koridor/segmen pada Kawasan Pengendalian Lalu Lintas Jalan Berbayar Elektronik.

3. Standar Pelayanan Minimum (SPM) Jalan Tol

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 16/PRT/M/2014, Standar Pelayanan Minimal (SPM) jalan tol adalah ukuran dan jenis mutu pelayanan dasar yang harus dicapai dalam pelaksanaan penyelenggaraan jalan tol. SPM pada substansi pelayanan aksesibilitas yang terdiri dari kecepatan transaksi rata-rata dan jumlah antrian kendaraan terdapat pada Tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1 Standar Pelayanan Minimal Aksesibilitas

Indikator	Lingkup	Tolak Ukur
Kecepatan transaksi rata-rata	GTO Gardu Tol ambil kartu	Maksimal 4 detik setiap kendaraan
	GTO Gardu Tol Transaksi	Maksimal 5 detik setiap kendaraan
Jumlah antrian kendaraan	Gardu Tol	Maksimal 10 kendaraan per gardu dalam kondisi normal

Sumber: (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2014)

2.3 On Board Unit (OBU)

On Board Unit (OBU) merupakan salah satu alat *Electronic Toll Collection* (ETC) yaitu teknologi yang dirancang untuk sistem pembayaran di jalan tol menjadi elektronik. Berbeda dengan kartu *e-toll*, OBU dirancang sebagai alat yang pada saat proses pembayaran kendaraan tidak diharuskan

untuk berhenti di gardu tol (Chu, Zhu, Wang, & Zhang, 2013). Alat OBU menggunakan teknologi *Dedicated Short Range Communication* (DSRC), yaitu teknologi yang di dasari oleh komunikasi dua arah Antara *fixed Road Side Equipment* (RSE) dan *mobile device* seperti OBU yang sudah terpasang di kendaraan. DSRC merupakan teknologi yang biasanya digunakan pada sistem ETC. Teknologi DSRC dapat melakukan komunikasi nirkabel antara RSE dan OBU dalam jangkauan sekitar 20 meter (European Parliament, 2018).

Gambar 2.1 dibawah adalah spesifikasi alat OBU yang sudah digunakan pada saat ini:

HARDWARE <ul style="list-style-type: none"> • ARM based controller chip specifically designed • Philips NXP MIFARE reader chip • Integrated RAM • Integrated FLASH memory • Display • Buzzer • Holder 	INTERFACES <ul style="list-style-type: none"> • IS™ Infrared (CALM ISO 21214), reading distance 5-15 meters • Contactless chip card according to ISO 14443, reading distance 0-1 centimeters ELECTRICAL <ul style="list-style-type: none"> • 9V standard alkaline battery block, exchangeable by end user • Battery operations up to 2-3 years • Low power mode with patented wake-up on coded IR signals 	ENVIRONMENTAL <ul style="list-style-type: none"> • Operating temp: -20 °C ~ +70 °C • Storage temp: -25 °C ~ +70 °C • IP 41 CONFORMITY <ul style="list-style-type: none"> • R&TTE 1999/5/EG • RoHS 2002/95/EC • WEEE 2002/96/EC PHYSICAL <ul style="list-style-type: none"> • Dimensions (L/W/H): 107 x 72 x 36 mm • Weight 91 g (excl. battery and incl. mounting bracket)
---	--	---

Sumber: (Dokumen Jasa Marga)

Gambar 2.1 Spesifikasi *On Board Unit* Saat Ini

Penerapan ETC dapat berdampak baik bagi pengguna jalan tol maupun pada perusahaan, berikut adalah beberapa dampak yang dihasilkannya (Satyasrikanth, Penna, & Bolla, 2016):

1. Mengurangi antrian di gardu tol yang dapat menyebabkan kemacetan.
2. Proses transaksi menjadi lebih cepat dan efisien.
3. Mengurangi biaya pengumpul tol (pultol).
4. Pengontrolan audit dilakukan secara lebih baik.
5. Memperluas kapasitas di gardu tol tanpa membangun lebih banyak infrastruktur.

Pada penggunaan sistem ETC, proses transaksi dilakukan tanpa adanya interaksi dengan manusia, sehingga dapat menghilangkan *human error* dan kecurangan yang dilakukan oleh manusia (Joewono, Effendi, & Hansen S A Gultom, 2017).

2.4 *Radio Frequency Identification* (RFID)

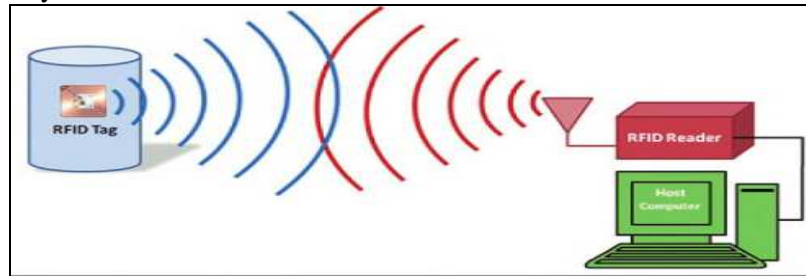
RFID adalah teknologi yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu manusia atau objek secara otomatis. RFID terdiri dari RFID *tag* dan *transceiver/reader*. Terdapat dua jenis dari RFID *tag*, yaitu aktif dan pasif. RFID *tag* aktif adalah RFID *tag* yang mempunyai *internal power supply* di didalamnya dalam *range* yang besar, sedangkan pada RFID *tag* pasif menggunakan sinyal dari *reader* sehingga mempunyai *range power supply* yang lebih kecil. *Reader* terdiri dari antena yang berguna untuk mengirimkan dan menerima sinyal dari RFID *tag*. Setiap RFID *tag* mempunyai nomor identitas unik yang dapat membedakan setiap alat OBU (Chapate & Nawgaje, 2015).

RFID memiliki sistem yang terdiri dari komponen-komponen berikut (Nekoogar & Dowla, 2011):

1. Satu atau lebih *tag* atau transponder dengan kode identifikasi unik dan memiliki antena kecil yang tertanam dalam setiap *tag*.

2. *Reader* atau *interrogator* dengan satu atau lebih antena yang terhubung ke komputer pusat melalui berbagai jenis alat perangkat, seperti: *Universal Serial Bus (USB)*, *Personal Computer Memory Card International Association (PCMCIA)*, *RS323* atau *Bluetooth*.
3. Aplikasi *software* atau *middleware* yang berjalan pada komputer pusat untuk menerjemahkan data yang diterima ke pesan pengguna mengenai keberadaan dan status keberadaan yang ditandai atau lokasinya.

Gambar 2.2 di bawah adalah sistem dari RFID beserta dengan komponennya:



Sumber: (Nekoogar & Dowla, 2011)

Gambar 2.2 Sistem *Radio Frequency Identification (RFID)*

Ketika *RFID tag* berada dalam jarak *RFID reader*, reader akan mengaktifkan *tag* untuk mengirimkan informasi. Informasi tersebut akan disebarkan ke *RFID middleware*, yang melakukan proses informasi yang sudah terkumpul dan kemudian memperbarui *database*.

2.4.1 *Radio Frequency Identification (RFID) Tags*

RFID tag adalah sebuah *microchip* yang terpasang dengan antena ke produk yang akan dilacak. *RFID tag* akan mengambil sinyal dari *reader* dan memantulkan kembali informasi ke *reader*. Pada *RFID tag* terdapat nomor seri yang berbeda-beda, nomor seri tersebut mewakili informasi seperti nama pelanggan, alamat dan sebagainya (Symons, 2009).

RFID tag dapat diklasifikasikan menjadi tiga. Pertama, *tag* dapat diklasifikasikan berdasarkan kemampuan untuk melakukan komunikasi radio yaitu *active tags*, *semi-active tags* dan *passive tags*. Kedua, *tag* dapat diklasifikasikan berdasarkan memori yaitu *read only*, *read write* dan *read many*. Ketiga, *tag* dapat diklasifikasikan berdasarkan kekuatan frekuensi yang dioperasikan yaitu *Low Frequency (LF)*, *High Frequency (HF)* dan *Ultra High Frequency (UHF)* (Symons, 2009). Berikut penjelasan dari klasifikasi *RFID tags* (Symons, 2009):

1. **RFID Tag berdasarkan kemampuan untuk melakukan komunikasi radio**

a. *Active Tags*. *Tag* ini memiliki baterai yang memberikan energi yang dibutuhkan ke *microchip* untuk mentransmisikan sinyal radio ke *reader*. Baterai di dalam *tag* tersebut juga perlu diisi ulang atau diganti jika sudah habis, bahkan beberapa *tag* juga harus dibuang ketika baterai kehabisan daya.

b. *Semi Active Tags*. *Tag* ini juga memiliki baterai yang digunakan untuk menjalankan sirkuit pada *microchip*, tetapi *tag* ini bergantung pada medan magnet *reader* untuk mengirim sinyal ke radio. *Tag* ini memiliki jarak yang lebih besar dari *active tags*, karena semua energi yang

disediakan oleh *reader* dapat dipantulkan kembali ke *reader*, sehingga *tag* ini juga bisa bekerja pada level sinyal yang lebih rendah.

- c. **Passive Tags.** *Tag* ini bergantung pada energi yang disediakan oleh medan magnet *reader* untuk mengirimkan sinyal radio ke *reader* serta dari *reader* tersebut juga. Akibatnya, jarak rentang dari baca menjadi bervariasi tergantung kepada *reader* yang digunakan.

2. RFID Tag Berdasarkan Memori

- a. **Read Write Tags.** Data yang disimpan dapat mudah diubah ketika *tag* berada dalam jangkauan *reader*.
- b. **Read Only Tags.** *Reader* hanya dapat membacadata yang tersimpan pada *tag* tersebut, sehingga data tidak dapat dimodifikasi dengan cara apapun.
- c. **Read Many Tags.** *Tag* ini dapat memprogram data dengan menulis konten pada *tag*, data akan tersimpan pada *tag* ini hanya dapat ditulis sekali namun dapat dibaca berulang kali.

3. RFID Tag Berdasarkan Kekuatan Frekuensi yang Dioperasikan

- a. **Low Frequency (LF).** Dalam jarak rentang *Low Frequency* (LF), RFID *tag* dapat beroperasi pada frekuensi 125 kHz atau 134,2 kHz. Jarak rentang dari *tag* ini tidak terpengaruh oleh logam karena *tag* ini khusus untuk mengidentifikasi benda logam seperti kendaraan, peralatan, kontainer dan peralatan logam lainnya. Serta kecepatan untuk mentransfer data rendah, karena pada frekuensi yang rendah komunikasi menjadi lebih lambat.
- b. **High Frequency (HF).** Dalam jarak rentang *High Frequency* (HF) *tag* dapat beroperasi pada frekuensi 13,56 MHz. *Tag* ini dapat menembus melalui sebagian besar material yang ada termasuk air dan jaringan tubuh, namun *tag* ini dipengaruhi oleh lingkungan yang ada logam. Serta kecepatan untuk mentransfer data lebih tinggi dari *Low Frequency* (LF), karena pada frekuensi yang tinggi komunikasi menjadi lebih cepat.
- c. **Ultra High Frequency (UHF).** Dalam jarak rentang *Ultra High Frequency* (UHF) *tag* dapat beroperasi pada frekuensi 433 MHz, 860 – 956 MHz dan 2,45 GHz. *Tag* ini biasanya digunakan pada objek yang bergerak dengan kecepatan yang tinggi dan *tag* tersebut akan dilakukan pemindai per detik dalam konteks bisnis seperti *supply chain*, gudang dan logistik.

2.4.2 Radio Frequency Identification (RFID) Reader

RFID *reader* memiliki tiga komponen yang utama yaitu digital/control section, RF section dan antena. Pada digital section, RFID *reader* melakukan proses sinyal digital melalui data yang diterima dari transponder RFID. Bagian ini terdiri dari *microprocessor*, blok-blok memori, beberapa konverter analog dan blok-blok komunikasi untuk aplikasi perangkat lunak (Preradovic & Karmakar, 2012).

Pada komponen RF section digunakan untuk mentransmisikan sinyal RF dan terdiri dari dua jalur sinyal terpisah untuk berhubungan dengan dua data arah. Osilator menghasilkan sinyal pembawa RF, modulator sinyal, sinyal sudah diperkuat oleh penguat daya dan sinyal tersebut ditransmisikan melalui antena (Preradovic & Karmakar, 2012).

RFID *reader* dapat diklasifikasikan berdasarkan sumber daya, komunikasi, mobilitas, *tag interrogation*, respon dari frekuensi dan protokol

pendukung dari *reader* (Preradovic & Karmakar, 2012). Berikut penjelasan dari klasifikasi RFID *reader* (Preradovic & Karmakar, 2012):

1. RFID Reader Berdasarkan Sumber Daya

Berdasarkan sumber daya terdapat dua tipe dari *reader* yaitu *reader* mendapatkan pemasukan persediaan dari jaringan listrik dan *reader* yang mempunyai tenaga baterai. Berikut tipe-tipe dari RFID *reader* berdasarkan sumber daya:

- a. **Reader yang mendapatkan pemasukan persediaan dari jaringan listrik.** *Reader* ini pada umumnya menggunakan kabel daya yang terhubung ke *outlet* listrik eksternal. Sebagian besar *reader* yang menggunakan jenis sumber daya ini adalah *reader* stasioner yang tetap dan daya penggunaan operasi *reader* tersebut dari 5 sampai dengan 12 V.
- b. **Reader yang memakai tenaga baterai.** *Reader* ini memiliki bobot yang ringan dan portabel. Baterainya digunakan untuk menghidupkan *motherboard* dari *reader*, serta *reader* ini menggunakan dari 5 V sampai 12 V baterai untuk sumber dayanya.

2. RFID Reader Berdasarkan Komunikasi

Berdasarkan komunikasi, *reader* ini bisa dibagi menjadi dua yaitu:

- a. **Serial Reader.** Pada serial *reader* menggunakan komunikasi serial untuk berkomunikasi dengan computer pusat atau perangkat aplikasi lunak.
- b. **Network Reader.** Jaringan ini terhubung ke komputer pusat melalui jaringan kabel atau jaringan nirkabel, jenis *reader* ini berperilaku seperti perangkat jaringan pada umumnya.

3. RFID Reader Berdasarkan Mobilitas

Berdasarkan mobilitas, *reader* ini terdapat dua pembagian klasifikasi yaitu:

- a. **Stationary RFID Reader.** *Reader* ini memiliki kemampuan untuk dipasang di dinding, pintu atau objek lainnya. Dimana *reader* ini dapat melakukan pembacaan terhadap transponder dan tidak untuk dipindah-pindahkan ke tempat lain.
- b. **Hand-held RFID Reader.** *Reader* ini dapat dibawa dan dapat beroperasi oleh pengguna. *Reader* ini lebih fokus terhadap antena dan *reader* ini tidak mempunyai konektor untuk antena tambahan.

4. RFID Berdasarkan Interogasi Protokol

Berdasarkan protokol ini, *reader* ini terdapat dua pembagian klasifikasi yaitu:

- a. **Passive Reader.** *Reader* ini memiliki kemampuan yang terbatas untuk melakukan pembacaan dan tidak menampilkan *tag* tambahan yang lainnya. Ketika melakukan interogasi pada *tag*, *reader* akan mengirimkan sinyal CW sebagai kekuatan sumber daya untuk transponder dari RFID. Setelah *reader* sudah di aktifkan, transponder RFID akan mengirimkan ID ke *reader*.
- b. **Active reader.** *Reader* ini melakukan pengiriman data transmisi menuju *tag* yang akan di implementasikan sebagai modulator untuk membawa sinyal. Karena itu transponder harus mempunyai sirkuit yang akan melakukan pengoperasian sistem pada *reader*.

5. RFID Berdasarkan Respon Frekuensi Transponder

Berdasarkan protokol ini, *reader* ini terdapat dua pembagian klasifikasi yaitu:

- a. **Unique Frequency Response – Based Readers.** *Reader* ini beroperasi pada frekuensi yang unik dan menggunakan frekuensi ini untuk melakukan transmisi data dan menerima data.
 - b. **None-Unique Frequency Response – Based Readers.** *Reader* ini beroperasi menggunakan satu frekuensi untuk mengirim perintah atau hanya memberikan sinyal pembawa pada frekuensi tertentu dan mendengarkan khusus dari frekuensi dari pembawa, umumnya frekuensi ini berbentuk sinyal harmonik atau frekuensi dibagi menjadi dua sebagai respon dari transponder.
6. **RFID Berdasarkan Kemampuan untuk Melakukan Komunikasi dengan Transponder untuk *Data-Encoding Protocols***
Berdasarkan protokol ini, *reader* ini terdapat dua pembagian klasifikasi yaitu:
- a. **Simple RFID Readers.** *Reader* ini menggunakan protokol untuk melakukan komunikasi dan transmisi data antar transponder di zona pembaca. Ketika transponder berada di dalam area pembaca, *tag* secara otomatis akan dikenali dan dideteksi.
 - b. **Agile RFID readers.** *Reader* ini dapat beroperasi dan melakukan interogasi transmisi data dengan transponder menggunakan beberapa protokol.

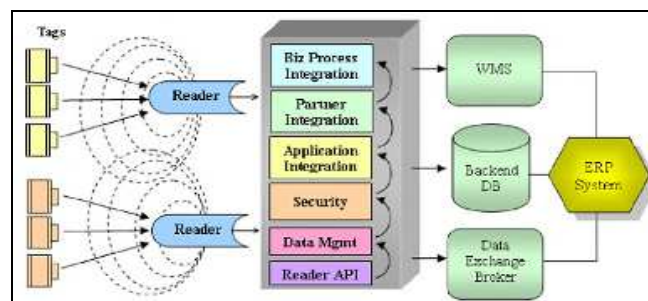
7. RFID Berdasarkan Antena

Berdasarkan antena, terdapat dua pembagian klasifikasi pada RFID yaitu:

- a. **Fixed Beams.** Antena ini memiliki ciri yang unik dengan pola sinar radiasi yang tetap. Keuntungan dari menggunakan antena ini adalah mudah dipasang dan mudah untuk mengendalikan pola radiasinya. Kerugian dari menggunakan antena ini adalah antena tersebut dapat mengambil sinyal dari yang lain, juga mengambil sinyal dari transponder yang dapat mengakibatkan terjadinya kesalahan selama interogasi.
- b. **Scanned array RFID readers.** Antena ini menggunakan sistem sebagai pengatur untuk mengurangi jumlah transponder dalam zona radiasi utama, sehingga dapat mengurangi jumlah kesalahan membaca dan dapat mengurangi jumlah kesalahan pada *tag*.

2.4.3 Radio Frequency Identification (RFID) Middleware

RFID *middleware* mengelola *reader* dan mengekstrak *Electronic Product Code* (EPC) dari *reader*, RFID *middleware* juga melakukan penyaringan data *tag* serta menggabungkan, menghitung dan mengirim data ke *warehouse management systems* (WMSs) (Symons, 2009). Gambar 2.3 di bawah adalah contoh gambar dari RFID *middleware* (Symons, 2009):



Sumber: (Symons, 2009)

Gambar 2.3 RFID Middleware

Sebuah RFID *middleware* bekerja di dalam organisasi, memindahkan informasi dari *tag* RFID ke titik interogasi dari *sistem supply chain management* melalui layanan terkait data. RFID *middleware* dapat diklasifikasikan menjadi empat yaitu *reader API*, *data management*, keamanan dan *integration management* (Symons, 2009).

1. **RFID Middleware Reader API**
Reader API menyediakan lapisan atas untuk melakukan interaksi dengan *reader*, serta mendukung pola interaksi yang fleksibel untuk menerima sinyal dari *reader*.
2. **RFID Middleware Data Management**
Data management mempunyai lapisan yang mempunyai fungsi untuk menyaring data, menggabungkan data dan mengatur data ke tujuan yang tepat berdasarkan konten.
3. **RFID Middleware Security**
Lapisan *security* memperoleh data *input* dari lapisan data management dan mendeteksi gangguan data yang mungkin bias terjadi karena adanya *reader* RFID yang masalah selama transportasi atau bisa terjadi di *database* internal yang terkena serangan.
4. **RFID Middleware Integration Management**
Lapisan integrasi menyediakan konektivitas data ke sumber data yang utama dan mendukung sistem yang berbeda dengan demikian lapisan ini dapat dibagi menjadi tiga, yaitu *application integration*, *partner integration* dan *process integration*.

2.5 Kuesioner

Kuesioner adalah satu set pertanyaan yang bersifat formal dengan tujuan untuk mengumpulkan informasi dari responden. Dalam menyusun kuesioner terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu: pertama, kuesioner harus dapat menerjemahkan informasi yang dibutuhkan dalam sebuah pertanyaan spesifik sehingga dapat dijawab oleh responden; kedua, kuesioner harus dapat membuat responden termotivasi untuk menyelesaikan *interview* yang dilakukan; ketiga, kuesioner harus meminimalkan respon yang *error*, yaitu ketika responden memberikan jawaban yang tidak tepat (Malhotra, 2010).

Kuesioner dapat terdiri dari berbagai *item*, yaitu *item* kuantitatif dan kualitatif. Sebuah kuesioner disebut kuantitatif apabila hasil yang didapatkan berasal dari perhitungan atau pengukuran, contohnya seperti kualitas hidup, kualitas kesehatan, kepuasan pelanggan, dan lain-lain. Sebuah kuesioner disebut kualitatif apabila hasil yang didapatkan berupa deskripsi (Bartolucci, Bacci, & Gnaldi, 2016).

Agar seseorang dapat membuat kuesioner dengan baik, diperlukan tujuh tahap untuk proses pembuatannya, berikut adalah tahap-tahap proses pembuatan kuesioner (Gideon, 2012):

1. Mendefinisikan variabel sesuai dengan tujuan penelitian yang ada
Pada langkah pertama ini setiap dari desain survei harus diidentifikasi yang jelas dari tujuan penelitian yang akan dimulai dan variabel utama harus diperiksa. Disarankan juga setiap masing – masing dari *item* diperkenalkan ke kuesioner berfungsi sebagai pengukuran yang jelas dari variabel yang akan diperiksa dan akan disesuaikan dengan nilai nominal dari variabel yang teridentifikasi.

2. Merumuskan survei *item* awal
 Pada langkah kedua, peneliti harus melakukan rumusan survei pada *item* yang merupakan pengukuran dari variabel yang diinginkan. Untuk melakukan proses ini, peneliti harus membuat tahapan awal untuk mengatur topik yang akan dicakup oleh kuesioner. Peneliti juga harus mengetahui siapa calon peserta dan keterbatasan dari peserta tersebut jika peserta merasa pertanyaannya sulit untuk dimengerti, menyinggung atau tidak masuk akal maka peserta tersebut mungkin tidak mau menanggapi survei atau *item* tertentu di dalam kuesioner.
3. Memeriksa *item* kuesioner
 Terdapat 14 langkah yang harus dilakukan pemeriksaan pada *item* kuesioner, yaitu:
 - a. Melakukan relevansi dengan topik utama dari penelitian.
 - b. Melakukan relevansi *item* kuesioner lainnya.
 - c. Aliran logis.
 - d. Hindari pertanyaan berlaras ganda.
 - e. Hindari pertanyaan yang mengandung pengertian negatif.
 - f. Hindari pengulangan yang tidak perlu.
 - g. Hindari pertanyaan “*leading*” atau “*loaded*”.
 - h. Hindari pertanyaan yang berat sebelah.
 - i. Gunakan pertanyaan yang simple dan mudah dimengerti oleh orang lain.
 - j. *Items* harus pendek, jelas dan tepat.
 - k. Menentukan jenis dari *item* tersebut.
 - l. Pastikan semua tanggapan disertakan.
 - m. Gunakan *item* yang simpel untuk mengukur konsep yang kompleks.
 - n. Melakukan survei *item* untuk memperkenalkan konsep yang kompleks.
4. Menjalankan pemeriksaan empiris dalam studi perwakilan kecil.
5. membenarkan dan mengulangi *item* sesuai dengan temuan dari tahap sebelumnya.
6. Menulis pengantar dan instruksi.
7. Membuat penyesuaian terakhir dan modifikasi pertanyaan.

2.5.1 *Internet Interview*

Internet interviews adalah *survey* yang dilakukan menggunakan *HyperText Markup Language* (HTML), survei dipasang pada *web site*, sehingga respondennya pun menjawab melalui *internet*. Responden diminta untuk mengakses suatu *web location* untuk menyelesaikan *survey* (Malhotra, 2010).

Internet merupakan media yang popularitasnya sedang berkembang secara pesat, sehingga peluangnya besar untuk mendapatkan responden yang diinginkan. Penggunaan *internet interviews* ini salah satu keuntungannya adalah dapat mengurangi waktu dan biaya yang digunakan (Malhotra, 2010).

2.5.2 Skala Pengukuran Primer

Skala pengukuran merupakan alat ukur yang digunakan untuk menguantifikasi tanggapan yang diberikan oleh konsumen jika konsumen tersebut diharuskan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang sudah dilakukan perumusan dalam satu kuesioner (Soegoto, 2013). Terdapat empat skala pengukuran yang digunakan, berikut adalah skala – skala pengukuran yang ada (Soegoto, 2013):

1. Skala Nominal
Skala pengukuran nominal digunakan untuk mengklarifikasi objek, individual atau kelompok. Untuk mengidentifikasi skala nominal digunakan angka sebagai simbol atau label.
2. Skala Ordinal
Pada skala ordinal, skala ini memberikan informasi tentang jumlah relatif karakteristik yang berbeda yang dimiliki oleh objek atau individu tertentu. Dalam skala pengukuran ini juga mempunyai informasi dari skala nominal juga ditambah sarana peringkat relatif tertentu yang memberikan informasi apakah objek memiliki karakteristik lebih atau kurang. Untuk tanggapan dari responden, skala ordinal ini tetap menggunakan angka sebagai simbol.
3. Skala Interval
Skala interval mempunyai karakteristik yang mirip dari skala nominal dan skala ordinal serta ada penambahan lagi dari karakteristik lainnya yaitu interval yang tetap. Skala interval menggunakan hanya dalam bentuk angka, angka-angka yang digunakan bisa dalam operasi aritmatika dan untuk analisis, skala interval menggunakan statistic parametrik.
4. Skala Rasio
Skala rasio menggunakan semua karakteristik dari skala nominal, skala ordinal dan skala interval, serta dari skala ini mempunyai nilai nol sebagai empiris yang absolut. Nilai absolut nol tersebut terjadi pada saat ketidakhadiran dari suatu karakteristik yang sedang diukur. Untuk melakukan suatu pengukuran rasio biasanya dalam bentuk perbandingan antara satu individual atau objek tertentu lainnya.

2.6 *Quality and Quality Improvement*

2.6.1 *Dimension of Quality*

Kualitas dari suatu produk dapat dideskripsikan dan dievaluasi dalam berbagai cara. Hal ini dilakukan untuk membedakan kualitas yang ada pada suatu produk. Berikut adalah 8 komponen untuk menentukan dimensi dari kualitas (Montgomery, 2009):

1. *Performance*. (Apakah produk menjalankan pekerjaan yang dimaksud?). Pelanggan yang kemungkinan menjadi pelanggan tetap, biasanya akan mengevaluasi suatu produk untuk menentukan apakah produk tersebut menjalankan performanya dengan baik. Misalnya, mengevaluasi *software spreadsheet* untuk PC guna menentukan operasi data yang dapat dikerjakan.
2. *Reliability* (Berapa waktu hidup dari produk?). Produk yang bersifat kompleks, seperti peralatan, mobil, pesawat biasanya membutuhkan beberapa perbaikan untuk keberlangsungan hidup produk tersebut. Misalnya, pelanggan mengharapkan produk hanya perlu diperbaiki sekali dalam masa hidupnya, maka ketika produk tersebut membutuhkan perbaikan beberapa kali, pelanggan dapat menilai produk tersebut tidak memenuhi keinginan pelanggan. Terdapat banyak produk/jasa yang menggunakan dimensi *reliability* dalam menilai suatu produk.
3. *Durability*. (Berapa lama produk tersebut bertahan?). Dimensi ini berhubungan dengan daya tahan dari suatu produk. Pelanggan menginginkan produk yang memiliki kualitas baik dalam jangka waktu yang panjang. Contohnya seperti industri mobil, ketika pelanggan membeli mobil, maka pelanggan akan mengharapkan mobil yang digunakan memiliki daya tahan yang lama. Apabila produk tersebut hanya bertahan dalam

jangka waktu yang pendek, maka terdapat kemungkinan pelanggan tidak jadi membeli produk tersebut.

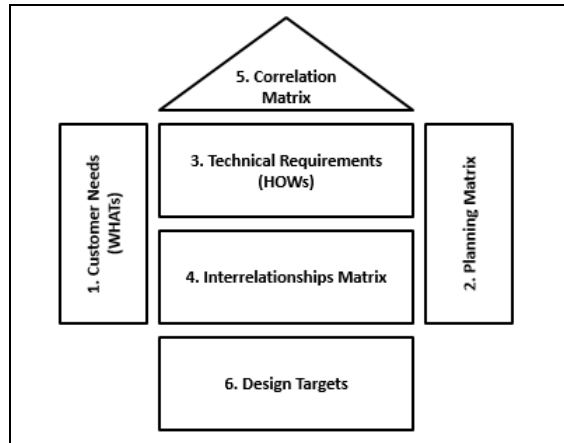
4. *Serviceability*. (Apakah produk mudah diperbaiki?). Terdapat banyak industri dimana pandangan pelanggan tentang kualitas dipengaruhi oleh seberapa cepat dan ekonomis suatu perbaikan/aktivitas rutin yang dilakukan.
5. *Aesthetics* (Seperti apa produk tersebut?). Dimensi ini lebih menunjukkan daya tarik visual dari produk dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti gaya, warna, bentuk, alternatif, kemasan, karakteristik sentuhan dan fitur sensorik lainnya.
6. *Features* (Fitur apa yang ada pada produk?). Pelanggan biasanya mengekspektasikan produk tersebut bagus berdasarkan fitur tambahan yang ada pada produk. Misalnya, perangkat lunak spreadsheet yang pada suatu perusahaan berkualitas unggul dikarenakan memiliki fitur analisis statistik sedangkan pesaingnya tidak.
7. *Perceived Quality* (Bagaimana reputasi perusahaan dan produknya?). Dalam beberapa kasus, masih terdapat pelanggan yang menilai kualitas berdasarkan pada reputasi dari perusahaan penghasil produk. Reputasi ini dipengaruhi oleh kegagalan produk yang telah dirasakan oleh masyarakat, adanya penarikan produk, dan bagaimana pelayanan ke pelanggan.
8. *Conformance to Standards* (Apakah produk dapat direalisasikan sesuai keinginan perancang?). Pelanggan biasanya menganggap suatu produk berkualitas tinggi apabila dirancang sesuai dengan standar yang ditetapkan. Misalnya, seberapa bagus kap mobil yang baru? Apakah benar tidak terdapat celah pada sisi-sisinya? Apakah menggunakan *fender* yang tinggi?. Apabila suatu produk tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan, maka akan berpengaruh pada kualitas yang dihasilkan oleh produk tersebut.

2.7 Quality Function Deployment

2.7.1 Pengertian Quality Function Deployment

Quality Function Deployment adalah suatu metode khusus yang digunakan untuk mengetahui kebutuhan/keinginan pelanggan dari suatu komponen desain dan produksi dari produk/jasa. Metode ini dikembangkan oleh Dr. Yoji Akao pada tahun 1996. Metode ini digunakan untuk membantu desainer dan perencana untuk fokus pada produk yang diinginkan oleh pelanggan, meliputi (Goetsch & Davis, 2014):

1. Mengidentifikasi kebutuhan pelanggan yang dikenal dengan *Voice of the Customer* (VOC).
2. Mengidentifikasi atribut produk yang paling memuaskan menurut *Voice of the Customer* (VOC).
3. Menetapkan target pengembangan dan pengujian produk serta target yang dapat memuaskan *Voice of the Customer* (VOC).



Sumber: (Goetsch & Davis, 2014)

Gambar 2.4 *Quality Function Deployment's House of Quality*

2.7.2 House of Quality (HOQ)

House of Quality (HOQ) adalah alat panduan untuk mendesain proses produk yang mempunyai tujuan untuk menerjemahkan “*Customer's Needs*” ke dalam “*Technical Requirements*” (Sheng & Wang, 2014). *House of quality* dibuat berdasarkan pada penelitian pada kebutuhan individu pelanggan dan mengambil teknologi, serta menghitung kebutuhan pasar pada saat waktu yang bersamaan (Sheng & Wang, 2014).

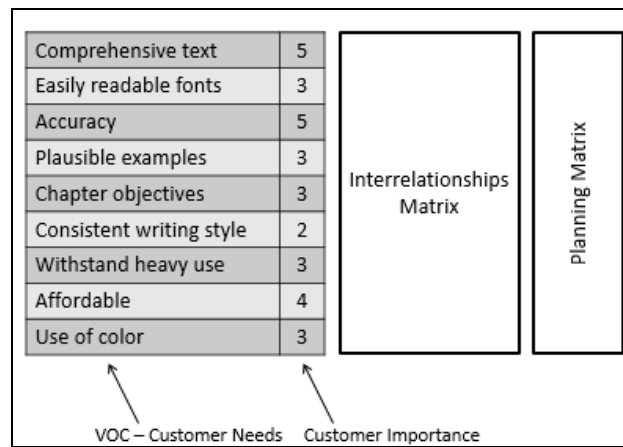
Berikut adalah langkah-langkah dari pengerjaan *House of quality* (Goetsch & Davis, 2014):

1. Menentukan Kebutuhan Pelanggan.

Customer Needs dan Customer Importance

Sebelum produk atau jasa dirancang, produsen harus memiliki pemahaman yang baik mengenai kebutuhan pelanggan potensial agar dapat meningkatkan kemungkinan produk atau jasa yang dirancang akan menjadi sukses di pasar. Cara untuk mengetahui input (kebutuhan) dari pelanggan dapat dilakukan *Focus Groups Discussion* (FGD), *user group*, survei, kuesioner, dan lain sebagainya (Goetsch & Davis, 2014):

Kepentingan pelanggan didasarkan pada skala 1 sampai 5 dengan 5 menjadi prioritas tertinggi.



Sumber: (Goetsch & Davis, 2014)

Gambar 2.5 *Customer Needs (WHATs) dan Customer Importance Pada HoQ*

2. Merencanakan Strategi Perbaikan

a. *Competitive Benchmarking*

Pada tahap ini, perusahaan harus melakukan perbandingan antara produk yang ada dengan kompetitor dari produk tersebut. Penilaian kepuasan pelanggan terhadap produk kompetitor akan menjadi acuan apa yang harus diperbaiki atau ditingkatkan untuk membuat produk yang sudah ada menjadi lebih menarik bagi pelanggan. Metode yang dapat digunakan adalah *focus group* dan kusioner.

b. *Planned Customer Satisfaction Performance*

Pada tahap ini, buat plot pada matriks perencanaan mengenai tingkat kepuasan pelanggan yang diharapkan oleh perusahaan untuk produk baru dari setiap komponen kebutuhan pelanggan. Skala penilaian performa kepuasan pelanggan adalah 1 sampai 5.

c. *Improvement Factor*

Pada tahap ini, perusahaan melakukan perhitungan untuk setiap kebutuhan pada produk baru. Skala yang digunakan adalah dari 1 sampai 5, dengan 5 sebagai skala tertinggi. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk perhitungan *improvement factor*:

$$\text{Improvement Factor} = \{(\text{Planned CS Rating} - \text{Existing CS Rating}) \times 0.2\} + 1$$

Keterangan:

CS = *Customer Satisfaction*

d. *Sales Point*

Pada tahap ini, *sales point* digunakan untuk menggambarkan pandangan dari tim marketing mengenai tingkat penjualan apabila produk sudah memenuhi kebutuhan pelanggan. Skala dari sales point adalah 1 sampai 1,5.

e. *Overall Weighting*

Pada tahap ini, lakukan perhitungan nilai *overall weighting* dari penilaian yang sudah dihitung di tahap sebelumnya. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk perhitungan *overall weighting*:

$$\text{Overall Weighting} = \text{Customer Importance} \times \text{Improvement Factor} \times \text{Sales Point}$$

f. *Percentage of Total Weighting*

Pada tahap ini, lakukan perhitungan nilai *percentage of total weighting* dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Percentage of Total Weighting} = \frac{\text{Overall Weighting}}{\text{Sum of Overall Weightings}} \times 100$$

Comprehensive text	5		4	5	4	5	1.2	1.1	6.6	13
Easily readable fonts	3		3	5	5	5	1.4	1.0	4.2	8
Accuracy	5		4	4	5	5	1.2	1.5	9.0	18
Plausible examples	3		2	3	4	4	1.4	1.2	5.0	10
Chapter objectives	3		2	4	2	4	1.4	1.3	5.5	11
Consistent writing style	2		4	3	4	4	1.0	1.0	2.0	4
Withstand heavy use	3		3	5	3	4	1.2	1.3	4.7	9
Affordable	4		1	2	2	3	1.4	1.5	8.4	16
Use of color	3		1	3	4	3	1.4	1.4	5.9	12

Customer Importance
(CS is Customer Satisfaction)

CS Rating Our Textbooks
CS Rating Competitor A
CS Rating Competitor B
Our Planned CS Rating
Improvement Factor
Sales Point
Overall Weighting
% of Total Weight

Sumber: (Goetsch & Davis, 2014)

Gambar 2.6 Competitive Benchmark Data Pada HoQ

3. Memilih Persyaratan/Kebutuhan Teknik

Pada langkah ini, tentukan bagaimana usaha-usaha yang dilakukan perusahaan untuk menanggapi masing-masing kebutuhan pelanggan atau biasanya disebut *Voice of Customer* (VOC). Pembuatan matriks HOWS dilakukan dengan berdiskusi dan berkonsultasi dengan tim dari *Quality Function Deployment* (QFD) dengan membandingkan antara matriks *Customer Importance* dan matriks *Planned Customer Satisfaction Performance*.

Technical Requirements (HOWs)		Authors/Editors Guide	Lower Cost Production	Enhanced Durability	Text Clarity	Flowing Text Seq.	Effective Artwork	Color Emphasis	Ch-Aims/Summaries	Planning Matrix							
Customer Needs (WHATs)										4	5	4	5	1.2	1.1	6.6	13
Comprehensive text	5									3	5	5	5	1.4	1.0	4.2	8
Easily readable fonts	3									4	4	5	5	1.2	1.5	9.0	18
Accuracy	5									2	3	4	4	1.4	1.2	5.0	10
Plausible examples	3									2	4	2	4	1.4	1.3	5.5	11
Chapter objectives	3									4	3	4	4	1.0	1.0	2.0	4
Consistent writing style	2									3	5	3	4	1.2	1.3	4.7	9
Withstand heavy use	3									1	2	2	3	1.4	1.5	8.4	16
Affordable	4									1	3	4	3	1.4	1.4	5.9	12
Use of color	3																

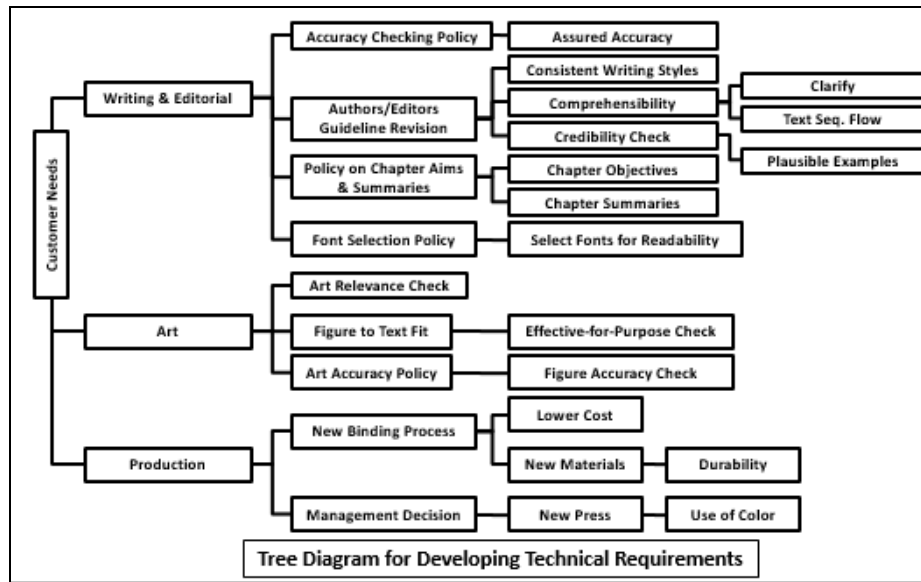
Interrelationships

Customer Importance
(CS is Customer Satisfaction)

CS Rating Our Textbooks
CS Rating Competitor A
CS Rating Competitor B
Our Planned CS Rating
Improvement Factor
Sales Point
Overall Weighting
% of Total Weight

Sumber: (Goetsch & Davis, 2014)

Gambar 2.7 Technical Requirements (HOWs) Pada HOQ



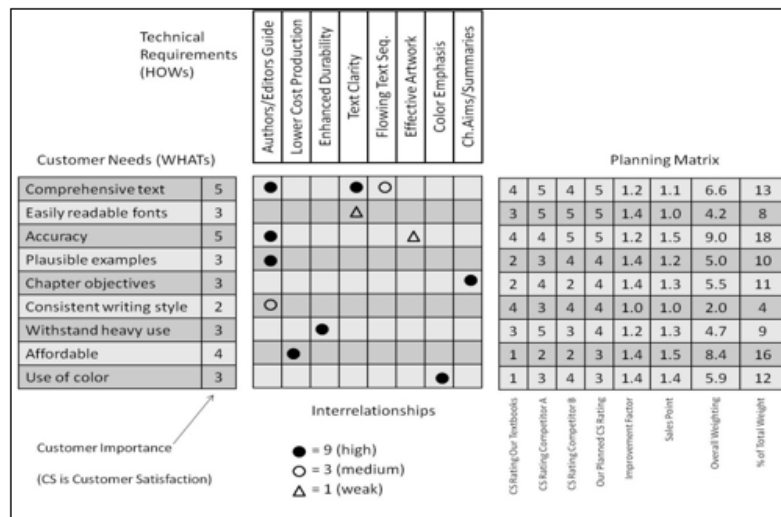
Sumber: (Goetsch & Davis, 2014)

Gambar 2.8 *Tree Diagram for Developing Technical Requirements*

4. Hubungan antara *Hows* dan *Whats*

Pada tahap ini, lakukan pengecekan hubungan korelasi antara matriks HOWs dan WHATs (kebutuhan pelanggan). Hasil dari korelasi nantinya akan ditampilkan dalam matrix interrelationships. Nilai korelasi antara *Hows* dan *Whats* adalah sebagai berikut:

- High* : Poin 9
- Medium* : Poin 3
- Weak* : Poin 1



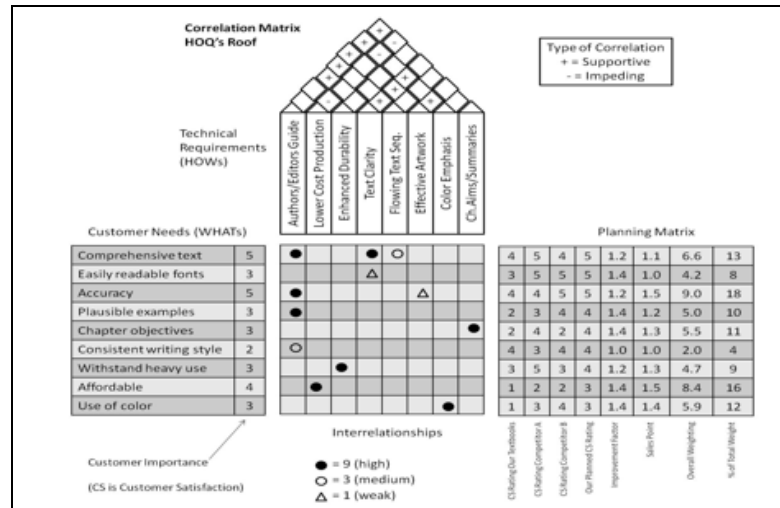
Sumber: (Goetsch & Davis, 2014)

Gambar 2.9 *Interrelationships Antara WHATs dan HOWs*

5. Lakukan Evaluasi Korelasi antar HOWs

Pada tahap ini, akan dilakukan penentuan hubungan antar HOWs, dimana hubungan antara HOWs ini ada yang bersifat saling menguntungkan satu sama lain (*Supportive*) dan ada beberapa yang cenderung menghambat (*Impeding*).

- a. Korelasi *supportive* ditunjukkan dengan tanda (+),
- b. Korelasi negatif ditunjukkan dengan tanda (-),
- c. Jika tidak ada korelasi yang signifikan, sel interaksi dibiarkan kosong.



Sumber: (Goetsch & Davis, 2014)

Gambar 2.10 HOQ's Roof

6. Menentukan *value* dari *HOWs*a. *Technical Priorities*

Technical Priorities dilakukan untuk menentukan kepentingan atau prioritas setiap usaha yang dilakukan perusahaan (*HOWs*) dalam memenuhi kebutuhan pelanggan (*WHATs*).

$$\text{Technical Priorities} = \sum (\text{HOWs yang bertemu dengan WHATs} \times \text{Overall Weighting})$$

Contoh nilai *Technical Priorities* pada *Authors/Editors Guide*:

1.	<i>Comprehensible Text need</i>	9 x 6.6 = 59.4
2.	<i>Accuracy need</i>	9 x 9 = 81
3.	<i>Plausible Examples need</i>	9 x 5 = 45
4.	<i>Consistent Writing Style need</i>	3 x 2 = 6
	<i>Authors/Editors Guide Technical Priority</i>	= <u>191.4</u>

Semakin Tinggi nilai *Technical Priorities* maka perusahaan harus memenuhi *HOWs* tersebut.

b. *Percentage Technical Priorities*

Pada tahap ini, akan dilakukan perhitungan untuk nilai *percentage technical priorities* dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ of Technical Priorities} = \text{Technical Requirement Priority} \div \sum \text{Technical Priorities}$$

c. *Technical Benchmarking*

Pada tahap ini, akan dilakukan perbandingan produk yang diinginkan perusahaan dengan produk pesaing. Contohnya:

• *Authoring/Editing Guidelines*

Pada komponen penilaian ini, dilakukan penilaian untuk menanggapi beberapa elemen di mana buku yang diterbitkan oleh perusahaan sedikit lemah seperti: pemahaman teks yang kurang, akurasi, contoh yang mudah dimengerti, dan gaya penulisan yang konsisten. Oleh karena itu tim menilai untuk komponen ini dengan skala 1 sampai 10. dimana nilai 10 adalah yang terbaik.

Nilai dari *Technical Benchmarking* bias dalam bentuk skala, persentase, uang, Yes/No, tergantung dari pertanyaan yang dibuat.

d. *Design Targets*

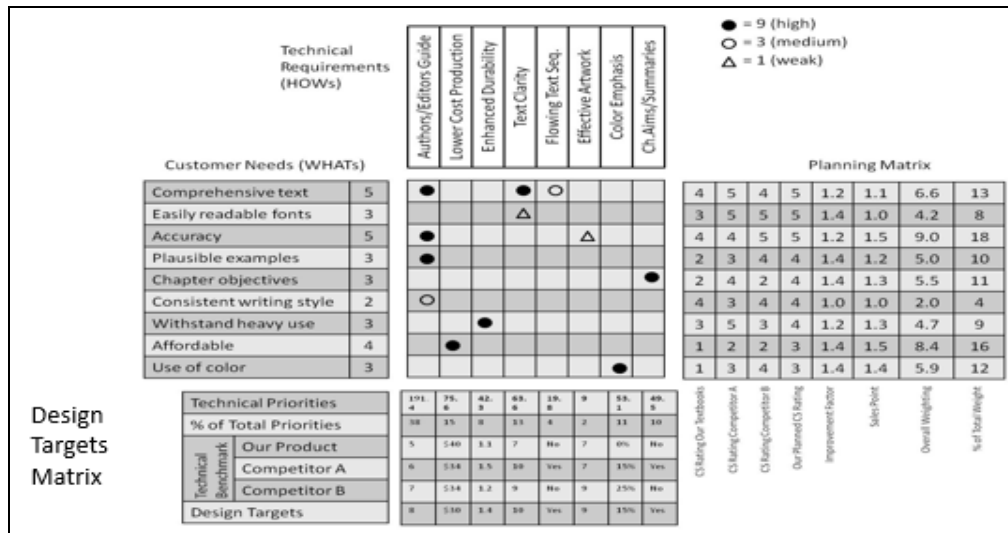
Pada tahap ini, akan diisi target produk dari produk yang dibuat oleh perusahaan.

Technical Priorities	191.4	75.6	42.3	63.6	19.8	9	53.1	49.5	
% of Total Priorities	38	15	8	13	4	2	11	10	
Technical Benchmark	Our Product	5	\$40	1.1	7	No	7	0%	No
	Competitor A	6	\$34	1.5	10	Yes	7	15%	Yes
	Competitor B	7	\$34	1.2	9	No	9	25%	No
Design Targets	8	\$30	1.4	10	Yes	9	15%	Yes	

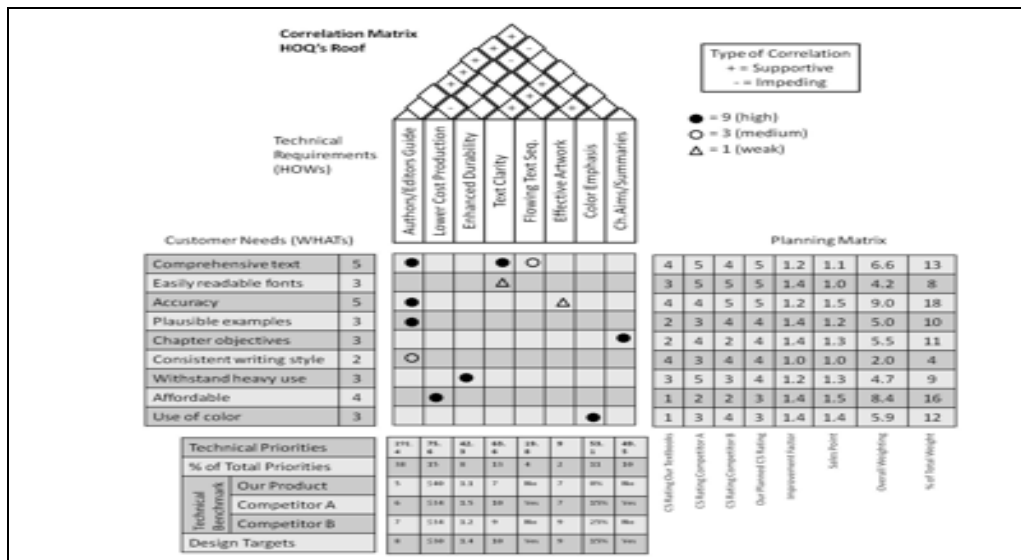
Design Targets Matrix (Note: CS is Customer Satisfaction)

Design Targets Matrix

Sumber: (Goetsch & Davis, 2014)
Gambar 2.11 Design Targets Matrix



Sumber: (Goetsch & Davis, 2014)
Gambar 2.12 HOQ's Adding the Design Targets Matrix



Sumber: (Goetsch & Davis, 2014)
Gambar 2.13 House of Quality Secara Keseluruhan

2.8 Analisis Multivariat

Analisis multivariat dapat dikatakan sebagai penggunaan metode statistika yang berkaitan dengan beberapa variabel yang pengukurannya dilakukan secara bersama-sama dari setiap obyek penelitian, dengan proses analisis secara simultan dan pelaksanaan interpretasi secara komprehensif. Analisis multivariat melibatkan penggunaan variabel yang banyak sehingga data yang dianalisis memiliki dimensi yang besar. Dengan penggunaan dimensi yang besar ini, maka pendekatan yang dilakukan pada analisis multivariat ini menggunakan pendekatan matriks (Solimun, Fernandes, & Nurjannah, 2017). Karakteristik data yang dapat digunakan pada analisis multivariat yaitu (Solimun, Fernandes, & Nurjannah, 2017):

1. Memiliki unit satuan berbeda-beda, misalnya menggunakan satuan rupiah, persen, dan proporsi.
2. Memiliki momen yang bervariasi. Di dalam statistika momen I antara lain berupa rata-rata (arithmetic mean) dan momen II adalah ragam (variance).

2.9 K-Means Clustering

K-Means Clustering adalah algoritma yang mempartisi data ke dalam *cluster-cluster* sehingga data yang memiliki kemiripan yang sama berada dalam satu *cluster* yang sama dan data yang tidak memiliki kemiripan berada pada *cluster* yang lain (Rohmawati, Defayanti, & Jajuli, 2015).

Metode ini dapat di adaptasi ke data deret waktu dengan mengubah fungsi yang sama dan jumlah perhitungan dari data deret waktu. Pilihan dari fungsi yang sama mungkin tergantung pada aplikasi, meskipun pendekatan dari *K-means* dioptimalkan untuk *Euclidean distance function*, ini dikarenakan pendekatan dari *K-means* dapat dilihat sebagai solusi untuk permasalahan optimasi dimana fungsi obyektif dibuat dengan jarak *Euclidean* (Aggarwal, 2015). Fungsi dari *Euclidean distance function* pada deret waktu didefinisikan dengan cara yang sama seperti multidimensional data. Metode *K-means* ini paling baik digunakan untuk seri *database* dengan panjang yang sama dan korespondensi satu ke satu di antara titik waktu. Berikut adalah rumus pada *K-means clustering* (Perner, 2013):

$$E = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in c_i} (x_j - \mu_i)^2$$

Keterangan: x_j = Titik data yang ditetapkan untuk dilakukannya *clustering*

μ_i = Rata – rata dari salah satu *cluster*

Metode *K-Means* memiliki langkah-langkah untuk dapat melakukan *clustering*. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk melakukannya (Xu, Zong, & Yang, 2013):

1. Memilih jumlah *cluster* K .
2. Menempatkan semua objek data ke *cluster* terdekat.
3. Menghitung kembali pusat *cluster* dari masing-masing *cluster* yang sekarang.
4. Ulangi langkah 2 dan 3 sampai pusat *cluster* tidak berubah untuk menghasilkan *cluster* C .

Berikut adalah penjelasan dari setiap langkah-langkah pada *clustering* tersebut (Xu et al., 2013):

1. Inisialisasi

Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan inisialisasi memilih jumlah *cluster* K awal dengan tepat. *Cluster* bisa menjadi objek K yang pertama atau objek K dipilih secara *random* dari semua kumpulan data.

2. Memperbarui Partisi

Pada langkah menempatkan semua objek data ke *cluster* terdekat dan menghitung kembali pusat *cluster*, langkah tersebut adalah bagian dari *K-means*. Partisi akan diperbarui dengan menetapkan kembali objek ke dalam *cluster* agar dapat mengurangi nilai.

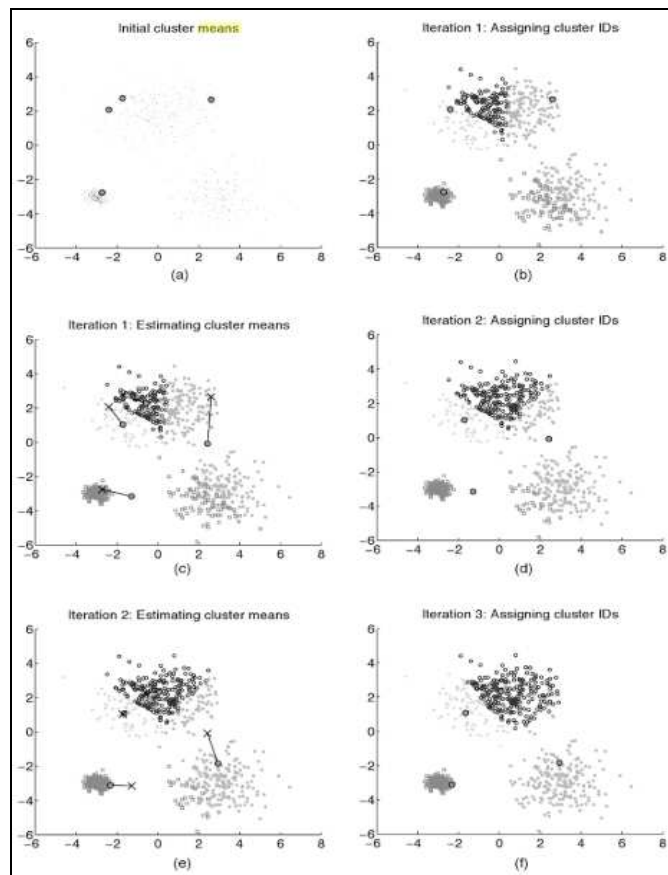
3. Kompleksitas Waktu dan Ruang

Karena hanya vektor yang disimpan, kebutuhan akan ruangan menjadi $O(m*n)$, dimana m adalah jumlah data yang ada dan n adalah jumlah nomor atribut. Sehingga *K-means* menjadi linear dengan garis m dan menjadi lebih efisien.

4. Menyesuaikan Jumlah K

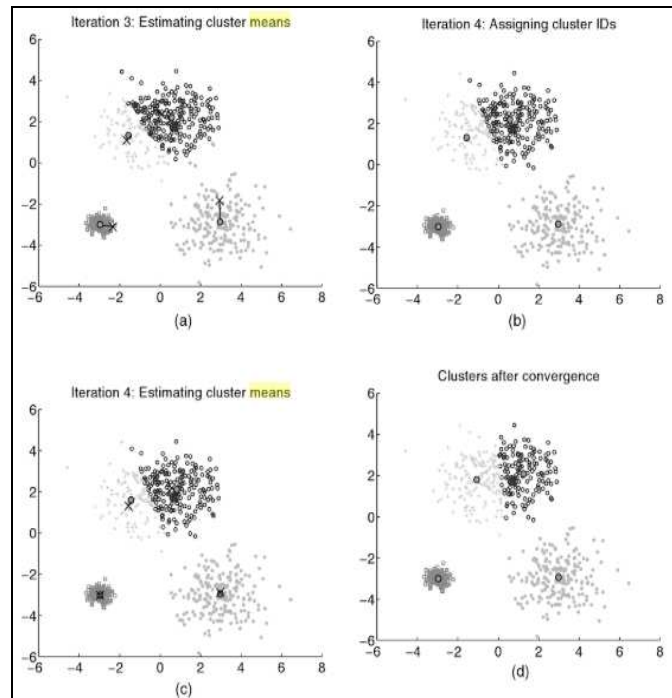
Saat menjalankan *K-means*, penting untuk melakukan pemeriksaan diagnostik untuk menentukan jumlah kelompok data. Dengan menyesuaikan jumlah *cluster* k, maka dapat menangani pemilihan masalah dari *cluster* K.

Contoh ilustrasi dari proses *clustering* dengan menggunakan Metode *K-means* diberikan pada Gambar 2.14 berikut ini (Wu & Kumar, 2009):



Sumber: (Wu & Kumar, 2009)

Gambar 2.14 Contoh Proses *Clustering K-means*



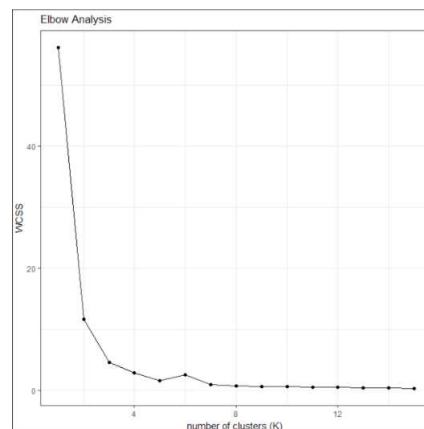
Sumber: (Wu & Kumar, 2009)

Gambar 2.14 Contoh Proses *Clustering K-means* (lanjutan)

2.9.1 *Elbow Method*

Dalam bentuk pengelompokan algoritma, *cluster* adalah indikator dari kualitas yang semakin dekat dengan titik dari suatu data dari *cluster* ke titik pusatnya akan semakin lebih baik. Untuk bisa mengukur hal yang sama, maka dalam *elbow method* ini menggunakan metrik yang disebut *within the cluster distance to centroid*. Metrik ini berguna untuk menemukan nilai optimal dari suatu data yang diberikan (Bali, Sarkar, & Sharma, 2017).

Elbow method memiliki kekurangan yaitu memberikan hasil nilai k yang optimal atau memberikan hasil nilai k yang tidak optimal. Tetapi *elbow method* ini sudah memiliki kriteria yang mencukupi untuk mencari nilai k yang optimal (Bali, Sarkar, & Sharma, 2017). Contoh gambar dari *elbow method* dapat dilihat pada Gambar 2.15 berikut ini (Bali, Sarkar, & Sharma, 2017):

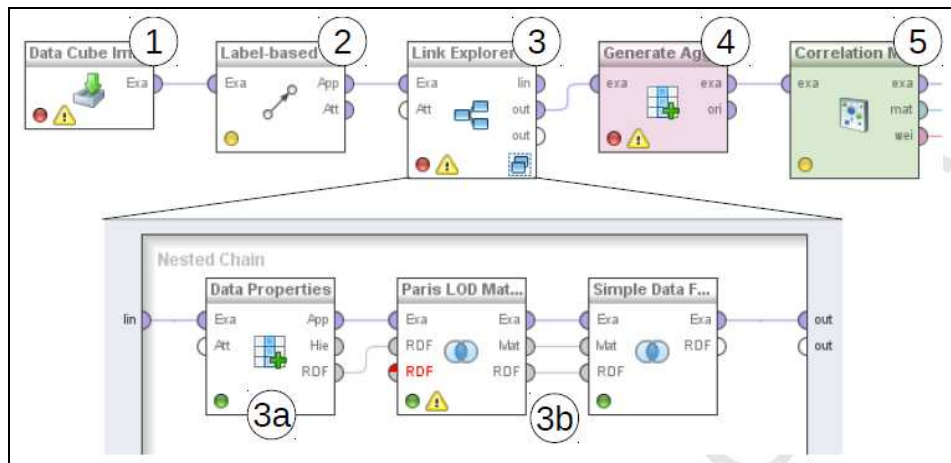


Sumber: (Bali, Sarkar, & Sharma, 2017)

Gambar 2.15 *Elbow Method* untuk Mencari *K-means*

2.9.2 Rapidminer Software

Rapidminer adalah sebuah *software platform data mining*, di mana data tersebut dilakukan proses penambangan dan analisis data yang dirancang khusus dari blok-blok bangunan yang disebut sebagai operator (Ristoski, Bizer, & Paulheim, 2015). Setiap dari operator tersebut melakukan tindakan tertentu pada data, seperti menyimpan data, mengubah data atau menyimpulkan model pada data. Pengguna dari *software rapidminer* ini dapat menyusun sebuah proses dari operator dan menempatkannya pada kanvas dan memasang *port input* dan *port output*. Gambar 2.16 di adalah contoh dari pemasangan blok-blok bangunan pada *software rapidminer* (Ristoski, et al., 2015).



Sumber: (Ristoski, et al., 2015)

Gambar 2.16 Contoh Proses *Data Mining* dari *Software Rapidminer*

2.10 Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas bisa terjadi karena terdapat proses perpindahan dari suatu tempat ke tempat lain dalam rangka proses pemenuhan kebutuhan. Di dalam arus lalu lintas terdapat tiga komponen pembentuk arus lalu lintas yaitu pengemudi, sarana (kendaraan) dan jalan (prasarana) serta lingkungan jalan tersebut berada (Tahir, 2011)

2.10.1 Karakteristik Arus Lalu Lintas

Terdapat tiga karakteristik pada arus lalu lintas, yaitu (Tahir, 2011):

1. Volume lalu lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati satu titik pada suatu ruas jalan periode waktu tertentu. Volume lalu lintas dinyatakan dalam satuan kendaraan/hari, kendaraan/jam dan smp/jam. Berikut adalah rumus untuk menghitung volume dari lalu lintas:

$$q = \frac{n}{t}$$

Keterangan: q = Volume lalu lintas (smp/jam)

n = Jumlah kendaraan (smp)

t = Waktu tempuh kendaraan (jam)

2. Kecepatan lalu lintas

Kecepatan lalu lintas adalah perubahan jarak dibagi dengan waktu tempuh. Berikut adalah rumus untuk menghitung kecepatan lalu lintas:

$$v = \frac{d}{t}$$

Keterangan: v = Kecepatan (km/jam)

d = Jarak tempuh (km)

t = Waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak (jam)

3. Kerapatan lalu lintas

Kerapatan lalu lintas adalah rata-rata jumlah kendaraan per satuan panjang jalan pada suatu saat dalam waktu tertentu. Berikut adalah rumus untuk menentukan kerapatan lalu lintas:

$$k = \frac{n}{l}$$

Besar kerapatan lalu lintas juga dapat diukur melalui suatu hubungan yaitu hubungan fundamental arus, yang berarti hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan. Berikut adalah rumus untuk menentukan kerapatan lalu lintas dilihat dari hubungan fundamental arus:

$$q = k \cdot u$$

$$k = \frac{q}{u}$$

Keterangan: k = Kepadatan (smp/km)

u = Kecepatan kendaraan (km/jam)

q = Volume lalu lintas (smp/jam)

2.10.2 Kapasitas Jalan

Kapasitas jalan adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat melintas dengan stabil pada suatu potongan melintang jalan pada keadaan tertentu (Tahir, 2011). Kapasitas dapat diartikan juga sebagai arus lalu lintas maksimum yang dapat lewat pada waktu tertentu dengan kondisi yang ditetapkan (Koloway, 2009). Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas jalan (Koloway, 2009):

1. Kondisi geometri

Pada faktor ini meliputi penyesuaian dimensi geometri jalan terhadap geometrik standar jalan kota. Contohnya adalah tipe jalan.

2. Kondisi lalu lintas

Faktor ini meliputi karakteristik kendaraan yang lewat, yaitu faktor arah, gangguan samping dari badan jalan, jumlah pejalan kaki, akses keluar masuk.

3. Kondisi lingkungan

Faktor ini meliputi ukuran kota yang dinyatakan jumlah penduduk kota

Untuk menentukan kapasitas ruas jalan, terdapat rumus untuk menghitung kapasitas tersebut. Berikut adalah rumus untuk menghitungnya (Koloway, 2009):

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs}$$

Keterangan: C = Kapasitas (smp/jam)
 Co = Kapasitas dasar (smp/jam)
 FCW = Faktor penyesuaian lebar jalan
 FCSP = Faktor penyesuaian pemisahan arah
 FCCSF = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan
 FCCS = Faktor penyesuaian ukuran kota

2.10.3 Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas adalah kecepatan pada tingkat arus nol yaitu kecepatan yang akan dipilih oleh pengemudi jika mengendarai kendaraan tanpa dipengaruhi kendaraan lain (Koloway, 2009). Untuk menghitung kecepatan arus bebas, persamaan yang digunakan:

$$FV = (FV_o + FV_w) \times FFV_{sp} \times FFV_{cs}$$

Keterangan: FV = Kecepatan arus bebas untuk kendaraan ringan dalam kondisi aktual (km/jam)
 FVO = Kecepatan dasar arus bebas untuk kendaraan ringan (km/jam)
 FVW = Faktor penyesuaian kecepatan untuk lebar jalan (km/jam)
 FFVSF = Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan bahu jalan
 FFVCS = faktor penyesuaian kecepatan untuk ukuran kota

2.10.4 Derajat Kejenuhan atau *Volume Capacity Ratio*

Derajat kejenuhan adalah rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas pada bagian jalan tertentu, digunakan sebagai faktor yang utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan (Koloway, 2009). Derajat kejenuhan memiliki nilai untuk ruas jalan yaitu 0,75, dari nilai tersebut dapat ditentukan dengan uji kelayakan pada segmen jalan dengan rumus sebagai berikut (Koloway, 2009):

$$DS = \frac{Q}{C}$$

Keterangan: DS = Derajat kejenuhan
 Q = Arus total (smp/jam)
 C = Kapasitas (smp/jam)

Pada kota-kota besar, jaringan jalan utama dirancang untuk dapat mengurangi kemacetan pada lalu lintas. Jika kapasitas jaringan pada jalan utama kecil, maka hal tersebut bisa menyebabkan kemacetan lalu lintas padat. Lalu lintas memiliki hubungan antara tingkat pemanfaatan kapasitas jalan dengan kemacetan, tingkat pemanfaatan kapasitas tersebut adalah perhitungan rasio antara lalu lintas per jam dan kapasitas dari jalan (*volume/capacity ratio*) (Elvik, Vaa, Hoye, & Sorensen, 2009).

Perhitungan *volume capacity ratio* akan menggunakan segmen jalan utama dan persimpangan jalan. *Ratio* ini membandingkan volume yang sudah terukur atau perkiraan volume pada segmen jalan tertentu dan persimpangan jalan secara teoritis. Untuk menghitung *volume capacity ratio*, puncak dari volume lalu lintas 15 menit dibagi dengan kapasitas jalur (Tumlin, 2011).

Jika hasil *ratio* kurang dari 1 maka mobil tersebut dapat bergerak secara lancar di sepanjang jalan, tetapi jika hasil *ratio* lebih dari 1 berarti menandakan terjadinya pelambatan pada mobil (Tumlin, 2011).

Tabel 2.2 di bawah adalah tingkat pelayanan berdasarkan hasil V/C *Ratio* berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 14 Tahun 2006 Tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan:

Tabel 2.2 Tingkat Pelayanan Berdasarkan V/C *Ratio*

Tingkat Pelayanan	V/C <i>Ratio</i>	Keterangan
A	$\leq 0,40$	Arus bebas bergerak tanpa hambatan, pengemudi bebas memilih kecepatan sesuai batas yang ditentukan.
B	$\leq 0,58$	Arus stabil, tidak bebas, kecepatan mulai dibatasi.
C	$\leq 0,80$	Arus stabil, hambatan dari kendaraan lain makin besar.
D	$\leq 0,90$	Arus mulai tidak stabil, kecepatan menurun relatif cepat akibat hambatan yang timbul.
E	$\leq 1,00$	Arus tidak stabil, kadang macet.
F	$\geq 1,00$	Macet, antrian panjang.

Sumber: (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2006)

2.11 Pemodelan Simulasi

Model adalah suatu analogi yang digunakan untuk merancang representasi yang sudah disederhanakan dari sistem yang kompleks dengan memiliki tujuan untuk menyediakan prediksi dari ukuran kinerja sistem. Sebuah model dirancang khusus untuk menangkap aspek perilaku dari sistem yang sudah dilakukan perancangan/*modeling*, hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan pengetahuan ke dalam perilaku sistem tersebut (Altiok & Melamed, 2010).

Simulasi adalah evaluasi numerik dari model matematika yang menggambarkan model dari sistem yang kompleks sehingga berguna untuk membantu model masukan yang diberikan untuk melihat bagaimana kinerja sistem (Madachy & Houston, 2017). Simulasi juga dapat digunakan untuk menjelaskan perilaku dari sistem, meningkatkan sistem atau merancang sistem

yang baru yang terlalu kompleks untuk dilakukan analisis oleh diagram alur (Madachy & Houston, 2017).

2.11.1 Langkah – langkah Simulasi

Menurut (Ahtiok & Melamed, 2010) dalam proses simulasi diperlukan langkah – langkah untuk membuatnya. Berikut adalah langkah-langkah proses pembuatan simulasi (Ahtiok & Melamed, 2010):

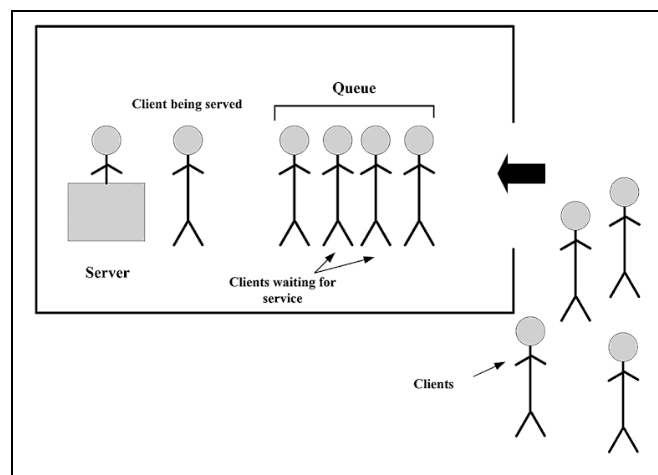
1. Menganalisis masalah dan mengumpulkan informasi
Langkah pertama yang dibutuhkan untuk membuat simulasi adalah mengidentifikasi dan menganalisis masalah itu sendiri. Untuk menghasilkan sebuah solusi dari simulasi, langkah pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan informasi struktural yang pada informasi tersebut mengandung masalah yang ada dan dapat mempresentasikan.
2. Pengumpulan data
Langkah kedua adalah pengumpulan data, pengumpulan data ini diperlukan untuk memperkirakan model dari *input* parameter. Peneliti dapat merumuskan asumsi pada distribusi variabel acak dalam model.
3. Konstruksi model
Langkah ketiga adalah mengkonstruksi model, ketika masalah utama sudah dimengerti dan data yang diperlukan sudah terkumpul, peneliti dapat melanjutkan untuk membuat suatu model dan menerapkannya dalam bahasa komputer. Bahasa komputer yang digunakan bisa bahasa komputer yang umum atau bahasa simulasi yang khusus seperti Arena, Promodel, dll.
4. Verifikasi model
Langkah keempat adalah melakukan verifikasi pada model, tujuan dari dilakukan verifikasi pada suatu model untuk memastikan bahwa model tersebut dibuat dengan benar, serta verifikasi model memastikan bahwa suatu model sesuai dengan spesifikasinya.
5. Validasi model
Langkah kelima adalah validasi model, validasi model ini meneliti kesesuaian dari model terhadap data. Hasil simulasi yang baik dapat dilihat dari kinerja performa yang penting, diprediksi oleh model, cocok dengan perangkat- perangkat yang diteliti pada sistem di kehidupan yang nyata.
6. Merancang dan melakukan eksperimen simulasi
Langkah keenam adalah melakukan eksperimen pada simulasi, eksperimen dari simulasi percobaan ini bertujuan untuk memperkirakan estimasi kinerja dari suatu model dan memberikan bantuan dalam memecahkan masalah dalam suatu proyek.
7. *Output analysis*
Masalah umum yang terjadi adalah mengidentifikasi desain yang terbaik di antara sejumlah alternatif. Dari analisis statistik tersebut akan dijalankan uji coba statistik untuk menentukan desain yang terbaik.
8. *Final recommendations*
Langkah terakhir adalah *final recommendations*, peneliti menggunakan *output analysis* untuk merumuskan rekomendasi yang terakhir untuk masalah dari sistem yang mendasarinya.

2.11.2 Konsep Antrian

Teori antrian adalah suatu bentuk probabilitas yang mempelajari studi tentang antrian. Pembelajaran ini bertujuan untuk membuat sistem dengan arus masuk yang stabil dari unit dan sejumlah *server* tertentu. Teori antrian ini juga berfungsi untuk menghitung berbagai ukuran kinerja sistem termasuk dalam tersedianya *server*, jumlah rata-rata unit dalam antrian dan sistem waktu yang sesuai dengan antrian di sistem (Thomopoulos, 2012).

Elemen dari antrian ini adalah *customer*, *server* dan *queue*. *Customer* adalah dapat berupa manusia atau pasien, secara umum adalah entitas yang membutuhkan suatu layanan. *Server* adalah seseorang yang melayani kebutuhan dari *customer* dan meminta biaya untuk itu, pada sistem antrian dapat memiliki satu *server* atau server parallel. *Queue* adalah pelanggan yang khusus untuk menunggu dilayani, dari panjang antrian dapat membuat dampak visual yang kuat dan pelanggan akan menilai dari kualitas pelayanan. Jika antrian tersebut sangat panjang, maka persepsi dari pelanggan menjadi buruk dan menganggap pelayanan tersebut sangat buruk (Gonzales, Salvador, Ripalda, & Dario, 2018).

Gambar 2.17 di bawah ini adalah contoh gambar dari sistem antrian:



Sumber: (Gonzales, et al., 2018)

Gambar 2.17 Contoh Model Antrian

Pada sistem antrian dibutuhkan karakteristik matematis dari proses yang mendasari. Terdapat enam karakteristik dasar yang memberi penjelasan tentang sistem, berikut adalah karakteristik dari sistem tersebut (Shortle, Thompson, Gross, & Harris, 2018):

1. *Arrival pattern of customers*
2. *Service patterns of customers*
3. *Number of servers and service channel*
4. *System capacity*
5. *Queue discipline*
6. *Number of service stages*

2.11.3 Tingkat Kedatangan

Tingkat kedatangan adalah jumlah *customer* yang mendatangi suatu *server*/pelayanan dalam satu satuan waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam

satuan kendaraan/jam atau orang/menit. Unsur ini sering dinamakan proses *input*. Proses *input* meliputi sumber kedatangan atau biasa dinamakan *calling population*, dan pada umumnya cara kedatangan ini terjadinya secara acak/variabel acak. Variabel acak dibagi menjadi diskrit dan kontinu, apabila variabel acak hanya dimungkinkan memiliki beberapa nilai saja, maka merupakan variabel acak diskrit, apabila nilainya dimungkinkan bervariasi pada rentang tertentu, maka merupakan variabel acak kontinu (Susanto, Djamaris, & Hermiyetti, 2013).

Rumus untuk menghitung tingkat kedatangan adalah sebagai berikut (Handoko & Widjojo, 2013):

$$\lambda = \frac{N}{I}$$

Keterangan: λ = Tingkat Kedatangan
 N = Jumlah *customer* yang datang ada periode waktu tertentu
 I = Jumlah interval waktu

2.11.4 Discrete Event Simulation

Discrete event simulation adalah teknik membangun representasi komputer dari suatu sistem yang dengan tujuan agar penelitian yang dilakukan sesuai dengan kondisi sebenarnya di dunia nyata, sehingga dapat di evaluasi dan dapat tercipta alternatif perbaikan dari sistem yang sudah ada (Chraibi, Cadi, Kharraja, & Artiba, 2016).

Struktur dari *discrete event simulation* ini adalah mirip dengan simulasi yang berkelanjutan, tetapi *discrete event simulation* ini mengandung pengendalian suatu peristiwa berdasarkan waktu yang memungkinkan (Moller, 2014). Berikut adalah klasifikasi dari sistem *discrete event simulation* (Moller, 2014):

1. Transaction-oriented simulation software

Berdasarkan pengendalian langkah waktu yang ditentukan melalui kondisi yang sudah terprogram terkait dengan blok masing-masing. Elemen dari bahasa tersebut yaitu *transactions, blocks, facilities, queues, pools and storage, logical switches, numerical and logical variables, functions, tables*.

2. Event-oriented simulation software

Berdasarkan waktu dan penanganan elemen dari bahasa

3. Activity-oriented simulation software

Berdasarkan jadwal aktivitas yang dimulai jika batasan tertentu sudah terpenuhi

4. Process-oriented simulation software

Berdasarkan pemicu aktivasi dari peristiwa seperti elemen bahasa yang ditentukan

Karakteristik umum dari *discrete event simulation* adalah pengguna yang menggunakan grafis, animasi dan *output* yang dikumpulkan secara otomatis untuk mengukur kinerja dari sistem simulasi. Hasil dari simulasi akan menampilkan bentuk tabel atau grafik dalam laporan saat menjalankan simulasi (Moller, 2014). Contoh salah satu dari *software* yang digunakan untuk *discrete event simulation* adalah Arena (Moller, 2014).

2.11.5 Verifikasi

Verifikasi merupakan proses untuk memastikan apakah model simulasi yang telah dibuat berjalan sesuai dengan yang diinginkan dan dapat dijalankan tanpa *error*. Proses verifikasi dilakukan dengan menggunakan uji statistika mengenai *output* entitas dari proses yang terdapat dalam model apakah sesuai secara signifikan dengan data di sistem nyata (Banks, Carson II, Nelson, & Nicol, 2014).

Uji-t satu sampel (*one sample t-test*) adalah uji statistik untuk menguji hasil rata-rata sampel dengan nilai-nilai yang sudah ditetapkan. Rumus dari uji-t satu sampel adalah sebagai berikut (Sugiyono, 2012):

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Keterangan: \bar{x} = Rata-rata
 μ_0 = Nilai yang dihipotesiskan
 s = Simpangan baku
 N = Jumlah anggota sampel

2.11.6 Validasi

Validasi merupakan proses pengujian terhadap model yang telah dibuat mengenai apakah program sudah disimulasikan sebagaimana sistem nyatanya secara tepat (Banks, Carson II, Nelson, & Nicol, 2014).

Penentuan Jumlah Replikasi

Berikut adalah rumus untuk menentukan replikasi yang harus dilakukan (Riyanto, 2016):

$$e = \frac{(t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}) \cdot s}{\sqrt{n}}$$

$$n' = \left[\frac{(z_{\frac{\alpha}{2}}) \cdot s}{e} \right]^2$$

Keterangan: e = *Half width*
 $t_{\frac{\alpha}{2}}$ = Nilai tabel t
 s = Simpangan baku
 n = Jumlah replikasi awal
 n' = Jumlah replikasi yang dibutuhkan

Confidence Interval Testing

Confidence interval testing dilakukan dengan tujuan untuk menguji apakah data sudah berada di *range* yang sama antar data sehingga data bersifat akurat atau dapat dipercaya untuk digunakan. Berikut adalah rumus untuk menentukan menguji *confidence interval* (Banks, Carson II, Nelson, & Nicol, 2014):

$$\bar{Y} \pm (t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}) \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Keterangan: \bar{Y} = Rata-rata *output running* simulasi

$t_{\frac{\alpha}{2}}$ = Nilai tabel t

s = Simpangan baku

n = Jumlah replikasi