

BAB I

PENDAHULUAN

Dalam melaksanakan penelitian diperlukan hal-hal penting yang digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaannya. Bab ini akan menjelaskan mengenai latar belakang mengapa permasalahan ini diangkat, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan asumsi penelitian yang dilakukan.

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri yang meningkat pesat mengakibatkan semakin banyak pabrik industri yang berdiri untuk memenuhi kebutuhan akan permintaan pelanggan. Akibat dari meningkatnya jumlah produsen adalah persaingan ketat yang menuntut perusahaan untuk bisa memberikan kepuasan kepada konsumen. Salah satu cara untuk mempertahankan perusahaan adalah dengan meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan oleh perusahaan itu sendiri. Kualitas yang tinggi akan berperan kuat untuk membuat produk dipilih dan digunakan oleh konsumen dalam jangka waktu yang panjang. Kualitas yang diperhatikan adalah mulai dari input, proses produksi, output yang dihasilkan sampai dengan produk sampai di tangan konsumen. Salah satu caranya adalah dengan mengendalikan kualitas secara terus menerus baik dari standar yang dimiliki oleh perusahaan maupun dengan kebutuhan spesifik yang dibutuhkan konsumen. Keseimbangan antara keduanya akan secara signifikan meningkatkan kualitas produk.

Industri *paving block* merupakan salah satu dari industri yang sedang berkembang pada saat ini. Konstruksi perkerasan dengan *paving block* merupakan konstruksi ramah lingkungan karena memiliki kemampuan tembus air sehingga tidak mengganggu proses konservasi air tanah. *Paving block* sering digunakan untuk jalan besar, tempat parkir, taman, maupun jalan dalam lingkungan perumahan. Namun, kualitas *paving block* yang diproduksi perlu untuk lebih diperhatikan lagi mengingat fungsi utamanya adalah untuk perkerasan jalan.

Berdasarkan data pemetaan wilayah industri *paving block* pada tahun 2015, salah satu perusahaan yang memproduksi *paving block* adalah PT. Malang Indah Genteng Rajawali yang terletak di Malang, Jawa Timur. Dari kurang lebih 35.000 *paving block* yang diproduksi setiap bulannya, terdapat beberapa produk cacat yang dihasilkan. Sebagian besar

produk tersebut rusak pada saat sampai di tangan konsumen. Standar kualitas *paving block* yang digunakan oleh perusahaan masih bersifat subyektif atau perkiraan. Kualitas yang digunakan pada industri *paving block* yaitu kualitas secara atribut (*atribut defect*) yang dilihat langsung pada permukaan *paving block* seperti tidak adanya retak, tetapi para produsen melupakan betapa pentingnya kualitas secara variabel (*variabel defect*), seperti kuat tekan *paving block* mengingat fungsi utama *paving block* adalah untuk perkerasan jalan. Disisi lain, kualitas secara variabel dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas produk bukan hanya secara fisik tapi secara keseluruhan produk.

Menurut produsen, pada kondisi saat ini, bahan baku utama pasir yaitu pasir Lumajang semakin menipis dikarenakan kondisi lokasi pengambilan pasir sedang bermasalah akibat faktor cuaca. Kesulitan mencari pasir yang memiliki kualitas yang sama juga dapat membuat tingkat produktivitas menjadi menurun karena kekurangan bahan baku. Seperti yang terjadi pada periode bulan ke-6, PT. Malang Indah Genteng Rajawali mengalami penurunan produksi yang cukup tinggi karena kekurangan bahan baku pasir Lumajang. Dibutuhkan beberapa alternatif pasir atau bahan pengganti untuk mengurangi pemakaian pasir Lumajang.

Paving block yang baik merupakan *paving block* yang memenuhi persyaratan dan sesuai dengan Standart Nasional Indonesia (SNI) tentang ketepatan ukuran, ketahanan terhadap rembesan air, peresapan air dan lain sebagainya, secara umum dapat disyaratkan bahwa *paving block* mempunyai klasifikasi sesuai dengan Standart Nasional Indonesia (SNI 03-0691-1996) yaitu *paving block* mutu A, *paving block* mutu B, *paving block* mutu C, dan *paving block* mutu D. *Paving block* mutu A berfungsi untuk pemasangan pada jalan, mutu B berfungsi untuk peralatan parkir, mutu C berfungsi untuk pejalan kaki (trotoar), sedangkan mutu D berfungsi untuk taman.



Gambar 1.1 *Paving block* untuk perkerasan jalan

Paving block yang menjadi target perusahaan adalah *paving block* yang dapat digunakan untuk kondisi apapun agar dapat bersaing dengan produsen *paving block* lainnya. Hal ini menyebabkan tingkat kualitas *paving block* yang ditargetkan adalah mutu A. Pada penelitian ini, difokuskan penelitian terhadap standar kuat tekan *paving block*. Terdapat hal yang paling penting mengenai standar mutu *paving block* berdasarkan kuat tekan *paving block*. Pertama-tama, kuat tekan merupakan kemampuan *paving block* untuk menerima beban maksimum sampai *paving block* pecah. Berdasarkan kuat tekan rata-rata dan koefisien variasi yang diizinkan untuk *paving block* dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Standar Kuat Tekan *Paving Block* (SNI 03-0691-1996)

Mutu	Kuat Tekan (kg/cm ²)	
	Rata-rata	Min
A	400	350
B	200	170
C	150	125
D	100	85

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (BSN) Indonesia

Paving block yang cacat diperoleh dari data perusahaan tentang mencakup berapa banyak *paving block* yang tidak memenuhi syarat dari *Quality Control* (QC). Presentase *defecti* dihitung dari perbandingan antara jumlah cacat dengan jumlah *paving* yang di produksi Sedangkan, nilai rata-rata kuat tekan diperoleh dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh produsen. Data jumlah produk *paving block* yang dihasilkan dan jumlah produk *paving block* yang cacat, serta data variabel kuat tekan rata-rata pada *paving block* yang di produksi oleh industri *paving block* di PT Malang Indah Genteng Rajawali selama 6 periode dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Jumlah Produk *Paving Block*, Jumlah *Defect*, Kuat Tekan *Paving Block* (6 periode)

Bulan	Jumlah Produk <i>Paving Block</i> (buah)	Jumlah Produk <i>Paving Block</i> yang Cacat (buah)	Persentase <i>Defect</i>	Rata-rata Kuat Tekan (kg/cm ²)
1	32721	210	0,64%	289,16*
2	36971	321	0,86%	365,33
3	39144	320	0,82%	348,30*
4	42263	225	0,53%	307,28*
5	32963	300	0,91%	303,41*
6	6396	260	4,06%	374,61

Sumber: PT Malang Indah

Pada tabel diatas, ditampilkan nilai rata-rata kuat tekan yang didapatkan dari hasil test di laboratorium. Terdapat beberapa nilai yang ditandai dengan bintang. Hal tersebut menandakan bahwa nilai rata-rata kuat tekan masih dibawah nilai minimal kuat tekan untuk

paving block mutu A yaitu 350 kg/cm^2 . Oleh karena itu, perlu adanya metode *Improvement* untuk mengatasi kurangnya nilai rata-rata kuat tekan *paving block*.

Mengingat langkanya bahan baku utama yang berkualitas, dalam penelitian ini digunakan metode Desain Eksperimen Faktorial 3^k dengan menentukan kombinasi terbaik dari alternatif pasir dan bahan pengganti yang digunakan untuk memperbaiki karakteristik kualitas *paving block*. Metode ini dirasa cocok karena mampu menghasilkan level dan faktor yang optimal untuk meningkatkan kualitas *paving block*

Penggunaan metode Desain Eksperimen Faktorial 3^k sebagai media *Improvement* yang dilakukan terhadap faktor yang berpengaruh diharapkan mampu menghasilkan kombinasi rasio pasir dan bahan pengganti terbaik. Sehingga *paving block* yang diproduksi dapat sesuai dengan standar yang telah dimiliki oleh Indonesia, serta membantu untuk mengatasi masalah ketersediaan bahan baku utama yang digunakan oleh perusahaan produsen *paving block* di PT Malang Indah Genteng Rajawali.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah:

1. Kurangnya pengetahuan mengenai pentingnya kuat tekan pada *paving block*, sehingga beberapa rata-rata kuat tekan masih dibawah nilai minimum untuk mutu A.
2. Berkurangnya bahan baku utama yaitu pasir Lumajang sehingga perlu adanya kombinasi alternatif pasir dan bahan pengganti.
3. Belum mengetahui komposisi alternatif pasir dan bahan pengganti yang mempengaruhi kualitas rata-rata kuat tekan pada *paving block*.
4. Belum adanya suatu sistem *Improvement* untuk memperbaiki kualitas *paving block*.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan dan identifikasi masalah yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bahan apa saja yang berpengaruh terhadap kualitas rata-rata kuat tekan pada *paving block*?
2. Bagaimana kombinasi pasir dan bahan pengganti yang mempengaruhi kualitas kuat tekan *paving block* di PT Malang Indah Genteng Rajawali?

3. Berapa rasio pasir yang dihasilkan untuk mendapatkan *paving block* dengan kuat tekan yang paling optimal?
4. Berapa jumlah minimal penggunaan pasir Lumajang agar kuat tekan *paving block* masih memenuhi standar?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan bahan yang mempengaruhi kualitas kuat tekan *paving block* di PT Malang Indah Genteng Rajawali.
2. Menentukan kombinasi pasir dan bahan pengganti yang mempengaruhi kualitas kuat tekan *paving block* di PT Malang Indah Genteng Rajawali dengan metode Desain Eksperimen 3^k.
3. Menentukan rasio pasir yang optimal untuk mendapatkan *paving block* dengan kuat tekan yang paling optimal.
4. Menentukan berapa kuat tekan *paving block* dengan beberapa alternatif jumlah pasir Lumajang yang digunakan.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan dari penelitian, maka manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui faktor penyebab tidak sesuainya kuat tekan *paving block* di PT Malang Indah Genteng Rajawali dengan Standar Industri Indonesia Standar Kuat Tekan *Paving Block* SNI 03-2095-1991.
2. Mengetahui kombinasi pasir alternatif yang dapat mempengaruhi kualitas *paving block* di PT. Malang Indah Genteng Rajawali dengan metode Desain Eksperimen 3^k sehingga dapat menjadi pengganti bahan baku utama pasir Lumajang.
3. Mengetahui *setting ratio optimal* dari pasir-pasir yang berpengaruh sebagai landasan proses yang dapat digunakan produsen dalam peningkatan kualitas kuat tekan *paving block*.
4. Mengetahui jumlah minimal pasir Lumajang yang harus digunakan untuk mengantisipasi semakin berkurangnya ketersediaan pasir Lumajang.

1.6 Batasan Masalah

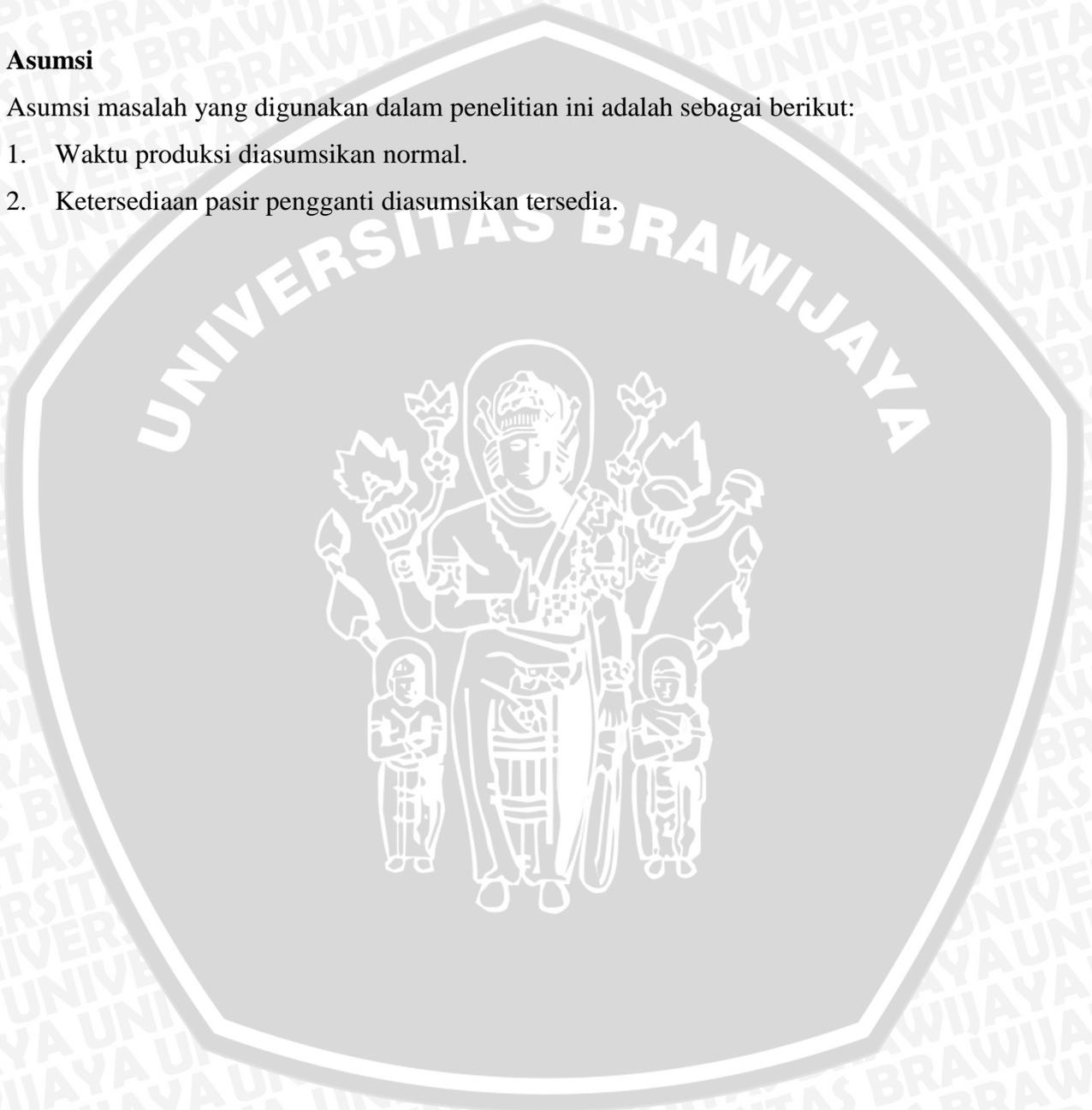
Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya dilakukan pada nilai kuat tekan *paving block* dengan tujuan pemakaian perkerasan jalan yaitu *paving block* mutu A.
2. Tidak mempertimbangkan faktor biaya.
3. Pasir dan bahan pengganti yang digunakan hanya pasir yang terdapat di Jawa Timur.

1.7 Asumsi

Asumsi masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Waktu produksi diasumsikan normal.
2. Ketersediaan pasir pengganti diasumsikan tersedia.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian yang akan dilaksanakan diperlukan dasar-dasar argumentasi ilmiah yang berhubungan dengan konsep-konsep yang diperlukan dalam penelitian dan akan dipakai dalam analisis. Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar-dasar argumentasi atau teori yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian telah dilakukan yang berhubungan dengan metode *Six Sigma* dan Desain Eksperimen Faktorial yang dapat dijadikan referensi dalam penelitian ini. Berikut ini merupakan *review* dari beberapa penelitian sebelumnya:

1. Cahyono (2012), dalam penelitiannya menggunakan metode *Six Sigma* dengan konsep DMAIC sebagai alat pengendalian kualitas. *Six Sigma* dipilih sebagai pendekatan terhadap masalah yang terjadi di industri *paving block* karena selain sebagai alat manajemen terkini dan sifatnya yang *flexible*, dimana bertujuan untuk menghilangkan cacat produksi, memangkas waktu pembuatan produk dan menghilangkan biaya yang tidak perlu. *Six Sigma* merupakan *comprehensive system*, karena merupakan strategi dan alat yang berkonsep disiplin ilmu untuk mencapai dan mendukung kesuksesan bisnis, dimana terfokus pada peningkatan kepuasan pelanggan. Adapun kesuksesan peningkatan kualitas dan kinerja bisnis perusahaan ini, tergantung dari kemampuan dalam mengidentifikasi dan memecahkan masalah yang terjadi, sehingga dengan penerapan filosofi *Six Sigma* di industri *paving block*, diharapkan bisa menurunkan produk cacat.
2. Chan (2015), dalam penelitiannya untuk memperbaiki tingkat mutu penyerapan air pada ubin Earthenware berglasir. Masalah yang terjadi saat ini adalah tingkat penyerapan air pada ubin yang tinggi yaitu sebesar $\leq 20\%$, sehingga pihak BBK ingin memperbaiki mutu pada ubin *earthenware*. Maka dari itu dilakukanlah penelitian secara tidak langsung dengan perancangan eksperimen faktorial. 3 faktor yang diduga memiliki pengaruh terhadap tingkat peresapan air yang signifikan yaitu faktor A (tekanan pembentukan), faktor B (temperatur pembakaran), faktor C

(kehalusan bahan). Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan uji ANOVA dan Newman Keuls, setelah dilakukan uji maka didapatkan hasil yang berpengaruh signifikan terhadap tingkat penyerapan air, hasil penelitian ini menunjukkan level-level faktor yang optimal yang dapat meningkatkan mutu ubin *earthenware* berglasir.

3. Kastanja (2015), dalam penelitiannya untuk mereduksi jumlah cacat pada produk lilin HAN 17 di CV. Dwi Pelita Mas dengan menggunakan metode *Taguchi* sebagai alat perbaikan. Metode *Taguchi* digunakan sebagai suatu alat eksperimen untuk menghasilkan desain kokoh berupa level faktor yang optimal dalam pembuatan lilin HAN 17. Penelitian ini melibatkan 4 buah faktor dari 6 buah faktor yaitu komposisi bahan baku (SAW 6880 ; Stearic Acid 1806 ; Gold Parawax), lama waktu pengeringan, lama waktu pemasakan, dan suhu pemasakan. Selain itu, diterapkan juga perhitungan DPMO (*Defect per Million Opportunities*) dan perhitungan level sigma sebagai salah satu tolak ukur keberhasilan eksperimen.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

Karakteristik Penelitian	Peneliti			
	Cahyono (2012)	Chan (2015)	Kastanja (2015)	Choeronnissa (2016)
Objek Penelitian	<i>Paving Block</i>	Ubin	Lilin	<i>Paving Block</i>
Parameter yang Diamati	Presentase cacat	Tingkat penyerapan	Presentase cacat	Kuat tekan
Analisis Hasil Penelitian	<i>Six Sigma</i> dengan fase DMAIC	Desain Eksperimen Faktorial 3^k	<i>Six Sigma</i> (Perhitungan DPMO dan level sigma) dan <i>Taguchi</i> (anova dan S/N ratio)	Desain Eksperimen Faktorial 3^k

2.2 Kualitas

Produk yang memiliki kualitas yang baik menjadi salah satu faktor penting untuk memuaskan pelanggan. Untuk mendapatkan produk yang berkualitas, perlu ditinjau dari semua aspek yang terlibat dalam proses pembuatan produk. Proses produksi suatu produk terdiri dari input berupa bahan baku, proses produksi yang baik dan disiplin, sampai dengan produk didistribusikan kepada konsumen baik distributor maupun konsumen akhir. Menurut Triguno (1997 : 76) kualitas adalah suatu standard yang harus dicapai oleh seseorang atau

sekelompok atau lembaga atau organisasi mengenai kualitas sumber daya manusia, kualitas cara kerja, proses dan hasil kerja atau produk yang berupa barang dan jasa.

Kualitas yang baik sangat dibutuhkan dalam produksi suatu produk. Menurut Ariani (2004:3), ada dua segi umum tentang kualitas, yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan. Semua barang dan jasa dihasilkan dalam berbagai tingkat kualitas, variasi dalam tingkat ini memang disengaja.

2.3 Dimensi Kualitas

Dimensi kualitas merupakan aspek yang menjadi tolak ukur dalam menganalisis kualitas suatu produk. Aspek kualitas dapat diukur dengan menggunakan delapan dimensi kualitas, yaitu (Garvin, 1984 dalam Nurcahyo & Yuri, 2013) :

1. *Performance*, yaitu kesesuaian produk dengan fungsi utama produk itu sendiri.
2. *Feature*, yaitu ciri khas produk yang membedakan produk tersebut dari produk lainnya.
3. *Reliability*, yaitu kepercayaan pelanggan terhadap produk karena keandalannya atau karena kemungkinan kerusakan yang rendah.
4. *Conformance*, yaitu kesesuaian produk dengan syarat, ukuran, karakteristik desain, dan operasi yang ditetapkan.
5. *Durability*, yaitu tingkat ketahanan atau keawetan produk.
6. *Serviceability*, yaitu kemudahan perbaikan atau ketersediaan komponen produk.
7. *Aesthetic*, yaitu keindahan atau daya tarik produk.
8. *Perception*, yaitu fanatisme konsumen akan merek produk tertentu karena citra atau reputasinya.

2.4 Karakteristik Kualitas

Tiga jenis karakteristik dari kualitas, yaitu *measurable characteristic*, *attribute characteristic*, dan *dynamic characteristic* (Ross, 1998 dalam Soejanto, 2009). Penjelasan dari ketiga karakteristik kualitas adalah sebagai berikut:

1. *Measurable Characteristics*

Measurable characteristics, yaitu suatu karakteristik yang dapat diukur. *Measurable characteristics* terbagi menjadi tiga jenis, yaitu:

- a. *Nominal the Best* : tertuju pada suatu nilai tertentu. Contohnya : panjang, lebar, tinggi.

- b. *Smaller the Better* : jika semakin kecil nilainya maka karakteristik mutunya akan semakin baik. Contohnya : % kontaminasi, residu.
- c. *Larger the Better* : jika semakin besar nilainya maka karakteristik mutu akan semakin baik. Contohnya : kekuatan, efisiensi.

2. Attribute Characteristics

Hasil akhir yang diamati tidak dapat diukur dengan skala kontinyu tetapi dapat diklasifikasikan secara kelompok. Contoh : *Go/No Go*

3. Dynamic Characteristics

Berhubungan dengan suatu sistem yang memiliki *input* dan satu atau lebih *output*.
Contoh : sistem pengukuran.

2.5 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah kegiatan memastikan apakah kebijakan dalam hal kualitas (standar) dapat tercermin dalam hasil akhir, atau dengan kata lain usaha untuk mempertahankan mutu atau kualitas dari barang-barang yang dihasilkan agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijakan pemimpin (Sofyan, 2004).

Tujuan dari proses pengendalian kualitas, yaitu:

1. Produk yang dihasilkan konsisten dengan spesifikasi produk yang diinginkan dan memenuhi syarat-syarat yang ditentukan oleh konsumen sehingga meningkatkan kepercayaan dan kepuasan konsumen.
2. Membimbing perusahaan untuk mendapatkan keuntungan yang lebih besar melalui prosedur kerja yang lebih baik, pengurangan produk cacat, dan penekanan biaya.
3. Dapat mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan produk tidak sesuai dengan spesifikasi dan melakukan tindakan perbaikan untuk mengurangi jumlah produk cacat.

2.6 Rekayasa Kualitas

Rekayasa kualitas dapat diartikan sebagai proses pengukuran yang dilakukan selama perancangan produk atau proses. Kerangka dasar rekayasa kualitas merupakan suatu hubungan antara dua disiplin ilmu yaitu teknik perancangan dan manufaktur, dimana mencakup seluruh aktivitas pengendalian kualitas dalam setiap fase dari penelitian dan pengembangan produk, perancangan proses, perancangan produksi, dan kepuasan konsumen. Target dari metodologi rekayasa kualitas ini adalah untuk mencapai seluruh target dari perbaikan terus-menerus, penemuan yang dipercepat, penyelesaian masalah

dengan cepat, dan efektivitas biaya dalam meningkatkan kualitas produk. Metodologi rekayasa kualitas dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu rekayasa kualitas secara *off-line* dan rekayasa kualitas secara *on-line* (Soejanto, 2009).

2.6.1 Rekayasa Kualitas Off-Line

Dalam rekayasa kualitas secara *off-line*, perancangan eksperimen merupakan peralatan yang sangat fundamental terutama pada kegiatan penelitian dan pengembangan produk. Teknik perancangan eksperimen pada dasarnya melalui dua hal, yaitu mengidentifikasi sumber dari variasi dan menentukan perancangan proses yang optimal. Metodologi rekayasa kualitas secara *off-line* dibagi menjadi tiga tahap, yaitu (Soejanto, 2009) :

1. Perancangan Konsep

Tahap perancangan konsep berfungsi untuk dapat berhubungan dengan konsumen dan mendapatkan suara konsumen dengan kemampuan daya cipta dan kemampuan teknis untuk merancang konsep produk unggul. Tahap ini merupakan tahap pemunculan ide dalam kegiatan.

2. Perancangan Parameter

Tahap perancangan parameter berfungsi untuk mengoptimalisasi level dari faktor pengendali terhadap efek yang ditimbulkan oleh faktor derau sehingga produk yang dihasilkan dapat kokoh/tangguh. Karena itulah, perancangan parameter dapat juga disebut sebagai perancangan kokoh.

3. Perancangan Toleransi

Tahap terakhir dari rekayasa kualitas secara *off-line* yaitu perancangan toleransi. Perancangan toleransi ini dapat dilakukan dengan menggunakan matriks ortogonal, fungsi kerugian, dan analisis varians untuk menyeimbangkan biaya dan mutu dari suatu produk.

2.6.2 Rekayasa Kualitas On-Line

Rekayasa kualitas secara *on-line* merupakan suatu aktivitas untuk mengamati dan mengendalikan kualitas pada setiap proses produksi secara langsung. Aktivitas ini sangat penting dalam menjaga agar biaya produksi menjadi rendah dan secara langsung pula dapat meningkatkan mutu produk. Rekayasa kualitas secara *on-line* ini juga dapat mengontrol mesin-mesin produksi sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan pada mesin-mesin tersebut (Soejanto, 2009).

2.7 Desain Eksperimen

Salah satu cara perbaikan kualitas adalah dengan rekayasa kualitas *off-line* menggunakan desain eksperimen. Desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan (dengan tiap langkah tindakan yang betul-betul terdefiniskan) sedemikian sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk suatu persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan. Dengan kata lain, desain sebuah eksperimen merupakan langkah-langkah lengkap yang perlu diambil jauh sebelum eksperimen dilakukan agar data yang diperlukan dapat diperoleh sehingga eksperimen dapat menghasilkan analisis obyektif dan kesimpulan yang berlaku untuk persoalan yang dibahas.

Pengumpulan data dan informasi yang dibutuhkan dalam desain eksperimen dibuat sesederhana dan seefisien mungkin. Desain yang sederhana akan mudah dilaksanakan dan data yang diperoleh akan dapat dengan cepat dianalisis dan bersifat ekonomis. Hal ini sesuai dengan tujuan desain eksperimen, yaitu memperoleh informasi yang maksimum dengan menggunakan biaya yang minimum (Sudjana, 1995).

2.7.1 Prinsip Dasar Eksperimen

Sebelum memberikan penjelasan mengenai tiga prinsip dasar eksperimen, maka terlebih dahulu perlu dijelaskan mengenai pengertian tentang perlakuan, kekeliruan eksperimen, dan unit eksperimen (Sudjana, 1995). Pengertian dari perlakuan, kekeliruan eksperimen, dan unit eksperimen adalah sebagai berikut:

1. Perlakuan

Perlakuan adalah sekumpulan kondisi eksperimen yang akan digunakan terhadap unit eksperimen dalam lingkup desain yang dipilih. Perlakuan ini bisa berbentuk tunggal atau terjadi dalam bentuk kombinasi.

Contoh:

Pada penelitian yang meneliti efek jenis makanan terhadap berat badan sapi yang menjadi perlakuan tunggal adalah efek dari masing-masing perlakuan seperti jenis sapi, jenis kelamin sapi, umur sapi, dan ukuran makanan yang diberikan terhadap variabel respon (berat badan sapi). Kombinasi perlakuan untuk penelitian tersebut dapat berupa efek interaksi antara jenis kelamin sapi dengan ukuran makanan yang diberikan.

2. Unit eksperimen

Unit eksperimen adalah bagian dari eksperimen yang dikenai perlakuan tunggal (mungkin merupakan gabungan beberapa faktor) dalam sebuah replikasi dasar.

3. Kekeliruan eksperimen

Kekeliruan eksperimen adalah kegagalan dari dua unit eksperimen identik yang dikenai perlakuan untuk memberikan hasil yang sama. Beberapa penyebab kekeliruan eksperimen, yaitu kekeliruan saat menjalankan eksperimen, kekeliruan pengamatan, dan variasi bahan eksperimen. Adapun beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengurangi kekeliruan dalam eksperimen, yaitu dengan menggunakan bahan eksperimen yang homogen, menggunakan informasi yang sebaik-baiknya tentang variabel yang telah ditentukan dengan tepat, melakukan eksperimen seteliti-telitinya, dan menggunakan desain eksperimen yang lebih efisien.

Terdapat tiga prinsip dasar yang lazim digunakan dan dikenal dalam desain eksperimen, yaitu (Sudjana, 1995) :

1. Replikasi

Replikasi adalah proses pengulangan eksperimen dasar. Tujuan dilakukannya replikasi, yaitu:

- a. Memberikan taksiran kekeliruan eksperimen yang dapat dipakai untuk menentukan jentang interval konfidens (selang kepercayaan) atau dapat digunakan sebagai satuan dasar pengukuran untuk penetapan level signifikan dari perbedaan-perbedaan yang diamati.
- b. Menghasilkan taksiran yang lebih akurat untuk kekeliruan eksperimen.
- c. Memungkinkan peneliti memperoleh taksiran yang lebih baik mengenai efek rata-rata sesuatu faktor.

2. Pengacakan

Proses pengacakan dalam suatu eksperimen dilakukan agar pengamatan yang dilakukan bersifat independen. Pengacakan pada suatu eksperimen bertujuan untuk memperkecil adanya korelasi antar pengamatan dan menghilangkan bias.

3. Kontrol lokal

Kontrol lokal merupakan sebagian daripada keseluruhan prinsip desain yang harus dilaksanakan. Kontrol lokal merupakan suatu langkah atau usaha yang berbentuk penyeimbang, pemblokkan, dan pengelompokan unit-unit eksperimen yang digunakan dalam desain.

- a. Pengelompokan

Pengelompokan diartikan sebagai penempatan sekumpulan unit eksperimen yang homogen ke dalam kelompok-kelompok agar setiap kelompok yang berbeda dapat memperoleh perlakuan yang berbeda pula.

b. Pemblokian

Pemblokian merupakan pengalokasian unit-unit eksperimen ke dalam blok sedemikian sehingga unit-unit dalam blok secara relatif bersifat homogen sedangkan sebagian besar dari variasi yang dapat diperkirakan diantara unit-unit telah baur dengan blok. Jadi berdasarkan pengetahuan peneliti mengenai sifat atau kekakuan unit-unit eksperimen, maka dapat dibuat desain eksperimen sedemikian rupa sehingga bagian terbesar dari variansi yang dapat diduga tidak menjadi bagian daripada kekeliruan eksperimen.

c. Penyeimbang

Penyeimbang diartikan sebagai usaha memperoleh unit-unit eksperimen, usaha pengelompokan, pemblokian, dan penggunaan perlakuan terhadap unit-unit eksperimen sedemikian rupa sehingga dihasilkan suatu konfigurasi atau formasi yang seimbang.

2.7.2 Efek dan Interaksi

Pada penelitian akan terdapat dua variabel, yaitu variabel respon dan variabel bebas. Dalam setiap penelitian bisa terdapat lebih dari satu variabel bebas yang memberikan efek terhadap variabel respon ataupun variabel respon yang memiliki nilai berubah-ubah yang dikarenakan efek dari variabel bebas yang memiliki nilai yang berubah-ubah pula. Untuk memudahkan desain, variabel bebas dinamakan faktor yang biasanya dinyatakan dengan huruf kecil a,b,c,d, dan seterusnya. Nilai atau klasifikasi dari faktor akan dinamakan taraf faktor yang dinyatakan dengan angka 1,2,3, dan seterusnya yang ditulis sebagai indeks untuk faktor yang bersangkutan (Sudjana, 1995).

2.7.3 Asumsi Model

Terdapat asumsi-asumsi yang diambil agar pengujian dalam Uji ANOVA dapat dilakukan, antara lain: (Sudjana, 1995):

1. Normalitas atau Kenormalan
2. Homogenitas Varians
3. Independen
4. Aditivitas

2.7.4 Langkah-Langkah Membuat Desain Eksperimen

Terdapat 9 langkah dalam membuat desain eksperimen, yaitu (Sudjana, 1995) :

1. Pernyataan mengenai masalah atau persoalan yang akan dibahas.
2. Perumusan hipotesis.
3. Penentuan teknik dan desain eksperimen yang diperlukan.
4. Pemeriksaan semua hasil yang mungkin dan latar belakang atau alasan-alasan agar eksperimen tepat dan memberikan informasi yang diperlukan.
5. Mempertimbangkan semua hasil yang mungkin ditinjau dari segi statistika yang diharapkan berlaku, dalam rangka menjamin terpenuhinya syarat-syarat yang diperlukan dalam prosedur tersebut.
6. Melakukan eksperimen.
7. Penggunaan teknik statistika terhadap data hasil eksperimen.
8. Mengambil kesimpulan dengan jalan menggunakan atau memperhitungkan derajat kepercayaan yang wajar mengenai satuan-satuan yang dinilai.
9. Penelitian keseluruhan penelitian, dibandingkan dengan penelitian-penelitian lain dengan masalah yang sama.

2.7.5 Eksperimen Faktorial 3^k

Eksperimen faktorial adalah suatu eksperimen yang semua (hampir semua) taraf sebuah faktor tertentu dikombinasikan atau disilangkan dengan semua (hampir semua) taraf tiap faktor lainnya yang ada di dalam eksperimen itu. Berdasarkan adanya banyak taraf dalam tiap faktor, eksperimen ini sering diberi nama dengan menambahkan perkalian antara banyak taraf faktor yang satu dengan banyak taraf faktor atau faktor-faktor lainnya. Apabila dalam eksperimen digunakan dua buah faktor, sebuah terdiri atas empat taraf dan sebuah lagi terdiri dari tiga taraf, maka diperoleh eksperimen faktorial 4×3 . Eksperimen faktorial 4×3 ini memerlukan 12 kondisi eksperimen (atau sering disebut kombinasi perlakuan) yang berbeda-beda (Sudjana, 1995).

2.7.6 Eksperimen Faktorial 3^2

Eksperimen faktorial 3^2 adalah suatu bentuk eksperimen faktorial dimana terdapat 2 buah faktor dengan tiap faktor bertaraf tiga (Sudjana, 1995). Pada desain eksperimen faktorial 3^2 , desain yang digunakan adalah desain acak sempurna sedangkan faktor-faktornya akan ditinjau yang bertaraf tetap. Keseluruhan eksperimen faktorial 3^2 tanpa

replikasi memerlukan 9 kombinasi perlakuan. Sel-sel kombinasi eksperimen faktorial 3^2 dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sel-Sel Kombinasi Perlakuan Untuk Desain Eksperimen 3^2

Faktor B	Faktor A		
	0	1	2
0	00	10	20
1	01	11	21
2	02	12	22

Sumber: Sudjana (1995)

Dalam notasi diatas, angka pertama menyatakan notasi taraf faktor A dan angka kedua untuk notasi taraf faktor B. Misalkan notasi 10, notasi ini menyatakan interaksi antara taraf menengah faktor A dengan taraf rendah faktor B.

Model matematika untuk eksperimen tanpa replikasi dapat dilihat pada persamaan rumus (2.1).

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ij} \quad (2-1)$$

Dengan :

μ = rata-rata yang sebenarnya (konstan)

ϵ = efek unit eksperimen ke j dalam kombinasi perlakuan (ij)

i = 1,2, ..., i

j = 1,2, ..., j

Apabila diinginkan penelitian terhadap efek interaksi AB, maka replikasi eksperimen perlu dilakukan dalam setiap sel kombinasi. Model matematika untuk eksperimen faktorial 3^2 dengan replikasi dapat dilihat pada persamaan rumus (2.2).

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad (2-2)$$

Dimana:

i = 1,2, ..., i

j = 1,2, ..., j

k = 1,2, ..., r

2.8 Tahap-Tahap Desain Eksperimen Faktorial 3^2

Perancangan eksperimen faktorial 3^2 terdiri dari tahap penentuan model matematika, tahap perumusan hipotesis, tahap uji ANOVA, tahap uji hipotesis, tahap uji newman keuls, dan tahap penentuan level faktor optimal.

2.8.1 Penentuan Variabel Respon

Variabel tak bebas atau variabel respon adalah variabel yang perubahannya tergantung pada variabel-variabel lain (Soejanto, 2009). Variabel tak bebas terdiri dari 3 kategori, yaitu:

1. Karakteristik yang dapat diukur

Semua hasil akhir yang diamati dapat diukur dengan skala kontinu. Contoh: temperatur, berat, tekanan, dan lain-lain.

2. Karakteristik atribut

Hasil akhir yang diamati tidak dapat diukur dengan skala kontinu, tetapi dapat diklasifikasikan secara kelompok. Contoh: retak, jelek, baik, dan lain-lain.

3. Karakteristik dinamik

Karakteristik dinamik adalah fungsi representasi dari proses yang diamati. Proses yang diamati digambarkan sebagai *signal* dan *output* digambarkan sebagai hasil dari *signal*. Sebagai contoh adalah sistem transmisi otomatis dengan input putaran mesin dan output adalah perubahan getaran.

2.8.2 Penentuan Model Matematika

Model matematika merupakan perumusan hubungan antara faktor dan interaksi faktor yang menjadi variabel bebas terhadap variabel respon pada suatu eksperimen (Sudjana, 1995). Model matematika untuk eksperimen faktorial 3^2 dengan replikasi dapat dilihat pada persamaan (2.3).

$$Y_{ijk} = \mu + A_j + B_k + AB_{jk} + \varepsilon_{ijkl} \quad (2-3)$$

Dimana :

Y_{ijk} = nilai variabel respon pada replikasi ke i untuk faktor A di level j dan faktor B di level k

μ = rata-rata umum variabel respon yang dihasilkan

A_j = efek faktor A di level faktor j .

B_k = efek faktor B di level faktor k .

AB_{jk} = efek interaksi yang terjadi antara faktor A pada level faktor j dengan faktor B di level faktor k .

ε_{ijk} = kekeliruan unit ke i dalam sel j dan k .

Dengan:

$i = 1, 2, \dots, r$

$j = 1, 2, \dots, a$

$k = 1, 2, \dots, b$

2.8.3 Perumusan Hipotesis

Langkah pertama yang dilakukan sebelum merumuskan hipotesis untuk model perancangan eksperimen adalah menentukan asumsi model perancangan. Model perancangan terdiri dari tiga model, yaitu (Sudjana, 1995) :

1. Model perancangan tetap (Model I)

Model perancangan tetap digunakan apabila peneliti hanya berurusan dengan banyak level tetap untuk tiap faktor, dimana sebanyak a untuk level faktor A, b untuk faktor B, dan c untuk faktor C semuanya digunakan dalam penelitian.

Asumsi dari model perancangan tetap, yaitu:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^a A_i &= \sum_{j=1}^b B_j = \sum_{k=1}^c C_k = \sum_{i=1}^a AB_{ij} = \sum_{j=1}^b AB_{ij} = \sum_{i=1}^a AC_{ik} \\ &= \sum_{k=1}^c AC_{ik} = \sum_{j=1}^b BC_{jk} = \sum_{k=1}^c BC_{jk} = \sum_{i=1}^a ABC_{ijk} = \sum_{j=1}^b ABC_{ijk} \\ &= \sum_{k=1}^c ABC_{ijk} = 0 \end{aligned} \quad (2-4)$$

2. Model perancangan acak (Model II)

Model perancangan acak digunakan apabila apabila sebanyak a level faktor A, b level faktor B, dan c level faktor C diambil secara acak. Asumsi yang berlaku untuk model acak, yaitu:

- $A_i \sim \text{DNI} (0, \sigma_A^2)$
- $B_j \sim \text{DNI} (0, \sigma_B^2)$
- $C_k \sim \text{DNI} (0, \sigma_C^2)$
- $AB_{ij} \sim \text{DNI} (0, \sigma_{AB}^2)$
- $AC_{ik} \sim \text{DNI} (0, \sigma_{AC}^2)$
- $BC_{jk} \sim \text{DNI} (0, \sigma_{BC}^2)$
- $ABC_{ijk} \sim \text{DNI} (0, \sigma_{ABC}^2)$

3. Model perancangan campuran (Model III)

Model perancangan campuran digunakan jika hanya terdapat a buah level faktor A, hanya terdapat b buah level faktor B, dan sebanyak c buah level faktor c (a dan b tetap sedangkan c acak). Asumsi untuk model perancangan campuran, yaitu:

a. Asumsi I

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^a A_i &= \sum_{j=1}^b B_j = \sum_{i=1}^a AB_{ij} = \sum_{j=1}^b AB_{ij} = \sum_{i=1}^a AC_{ik} = \sum_{j=1}^b BC_{jk} \\ &= \sum_{i=1}^a ABC_{ijk} = \sum_{j=1}^b ABC_{ijk} = 0 \end{aligned} \quad (2-5)$$

b. Asumsi II

$$\sum_{k=1}^c C_k \sim \text{DNI} (0, \sigma_C^2)$$

c. Asumsi III

$\sum_{k=1}^c AC_{ik}$, $\sum_{k=1}^c BC_{jk}$, $\sum_{k=1}^c ABC_{ijk}$ tidak sama dengan nol.

Perumusan hipotesis dibuat berdasarkan asumsi model perancangan yang telah ditentukan. Hipotesis berdasarkan model perancangan adalah sebagai berikut:

1. Model perancangan tetap

Hipotesis yang diuji untuk model perancangan tetap, yaitu:

a. H_0 : $\sum A_j = 0$, Artinya tidak ada perbedaan yang signifikan yang terjadi karena efek perlakuan faktor A.

H_1 : $\sum A_j \neq 0$, Artinya terdapat perbedaan yang signifikan yang terjadi karena efek perlakuan faktor A.

b. H_0 : $\sum RA_{ij} = 0$, Artinya tidak ada perbedaan yang signifikan yang terjadi karena efek interaksi blok replikasi dan perlakuan faktor A.

H_1 : $\sum RA_{ij} \neq 0$, Artinya terdapat perbedaan yang signifikan yang terjadi karena efek interaksi blok replikasi dan perlakuan faktor A.

c. H_0 : $\sum B_k = 0$, Artinya tidak ada perbedaan yang signifikan yang terjadi karena efek perlakuan faktor B.

H_1 : $\sum B_k \neq 0$, Artinya terdapat perbedaan signifikan yang terjadi karena efek perlakuan faktor B.

d. H_0 : $\sum RB_{ik} = 0$, Artinya tidak ada perbedaan yang signifikan terjadi karena efek interaksi blok replikasi dan perlakuan faktor B.

H_1 : $\sum RB_{ik} \neq 0$, Artinya terdapat perbedaan yang signifikan terjadi karena efek interaksi blok replikasi dan perlakuan faktor B.

e. H_0 : $\sum AB_{jk} = 0$, Artinya tidak ada perbedaan yang signifikan yang terjadi karena efek interaksi faktor A dan faktor B.

H_1 : $\sum AB_{jk} \neq 0$, Artinya terdapat perbedaan signifikan yang terjadi karena interaksi efek interaksi faktor A dan faktor B.

f. H_0 : $\sum RAB_{ijk} = 0$, Artinya tidak ada perbedaan yang signifikan terjadi karena efek interaksi blok replikasi, faktor A dan faktor B.

H_1 : $\sum RAB_{ijk} \neq 0$, Artinya terdapat perbedaan yang signifikan terjadi karena efek interaksi blok replikasi, faktor A dan faktor B..

2. Model perancangan acak

a. H_0 : $\sigma_R^2 = 0$, Artinya variansi blok replikasi bersifat homogen.

$H_1: \sigma_R^2 \neq 0$, Artinya variansi blok replikasi bersifat heterogen.

b. $H_0: \sigma_A^2 = 0$, Artinya variansi perlakuan pada faktor A bersifat homogen.

$H_1: \sigma_A^2 \neq 0$, Artinya variansi perlakuan pada faktor A bersifat heterogen.

c. $H_0: \sigma_{RA}^2 = 0$, Artinya variansi blok replikasi dan perlakuan pada faktor A bersifat homogen.

$H_1: \sigma_{RA}^2 \neq 0$, Artinya variansi blok replikasi dan perlakuan pada faktor A bersifat heterogen

d. $H_0: \sigma_B^2 = 0$, Artinya variansi perlakuan pada faktor B bersifat homogen.

$H_1: \sigma_B^2 \neq 0$, Artinya variansi perlakuan pada faktor B bersifat heterogen

e. $H_0: \sigma_{RB}^2 = 0$, Artinya variansi blok replikasi dan perlakuan pada faktor B bersifat homogen.

$H_1: \sigma_{RB}^2 \neq 0$, Artinya variansi blok replikasi dan perlakuan pada faktor B bersifat heterogen.

f. $H_0: \sigma_{AB}^2 = 0$, Artinya variansi perlakuan pada faktor A dan faktor B bersifat homogen.

$H_1: \sigma_{AB}^2 \neq 0$, Artinya variansi perlakuan pada faktor A dan faktor B bersifat heterogen.

g. $H_0: \sigma_{RAB}^2 = 0$, Artinya variansi blok replikasi, faktor A, dan faktor B bersifat homogen.

$H_1: \sigma_{RAB}^2 \neq 0$, Artinya variansi blok replikasi, faktor A, dan faktor B bersifat heterogen

3. Model perancangan campuran

Hipotesis untuk model perancangan campuran merupakan gabungan dari hipotesis pada model perancangan tetap dan model perancangan acak.

2.8.4 Uji ANOVA

Uji ANOVA adalah suatu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah suatu faktor atau interaksi faktor berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon penelitian. Uji ANOVA terdiri dari dua tahapan, yaitu :

1. Tahap perhitungan nilai jumlah kuadrat (JK), rata-rata jumlah kuadrat (RJK), dan derajat kebebasan (dk)

a. Jumlah kuadrat (JK)

Persamaan perhitungan jumlah kuadrat adalah sebagai berikut (Sudjana, 1995)

:

$$\sum Y^2 = \sum_{j=1}^A \sum_{k=1}^b \sum_{l=1}^n Y^2_{ijkl} \quad (2-6)$$

$$\text{dengan dk} = abn$$

$$J_{i00} = \sum_{j=1}^B \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \quad (2-7)$$

$$J_{0j0} = \sum_{j=1}^A \sum_{k=1}^n Y_{ijkl} \quad (2-8)$$

$$J_{ij0} = \sum_{k=1}^n Y_{ijk} \quad (2-9)$$

$$J_{000} = \sum_{j=1}^A \sum_{k=1}^b \sum_{l=1}^n Y_{ijk} \quad (2-10)$$

$$R_y = \frac{J_{000}^2}{abn} \quad (2-11)$$

$$\text{dengan dk} = 1$$

$$A_y = \sum_{j=1}^A \left(\frac{J_{i00}^2}{an} \right) - R_y \quad (2-12)$$

$$\text{dengan dk} = (a - 1)$$

$$B_y = \sum_{j=1}^B \left(\frac{J_{0j0}^2}{bn} \right) - R_y \quad (2-13)$$

$$\text{dengan dk} = (b - 1)$$

$$J_{ab} = \sum_{j=1}^A \sum_{k=1}^b \left(\frac{J_{ij0}^2}{n} \right) - R_y \quad (2-14)$$

$$AB_y = J_{ab} - A_y - B_y \quad (2-15)$$

$$\text{dengan dk} = (a - 1)(b - 1)$$

$$E_y = \sum Y^2 - R_y - A_y - B_y - AB_y \quad (2-16)$$

$$\text{dengan dk} = ab(n - 1)$$

b. Rata-rata jumlah kuadrat

$$RJK = \frac{JK}{dk} \quad (2-17)$$

2. Tahap uji hipotesis

Tahap awal uji hipotesis adalah menghitung nilai F_{hitung} dan F_{tabel} . Nilai F_{hitung} dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.18).

$$F_{hitung} = \frac{\text{taraf masing-masing faktor}}{\text{Error}} \quad (2-18)$$

Setelah memperoleh nilai F_{hitung} , maka proses uji hipotesis dilanjutkan dengan membandingkan nilai F_{hitung} dengan F_{tabel} . Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak sedangkan jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima.

2.8.5 Uji Newman Keuls

Langkah-langkah utama untuk melakukan uji Newman-Keuls, yaitu (Sudjana, 1995) :

1. Susun k buah rata-rata perlakuan menurut urutan nilainya, dari yang paling kecil ke yang paling besar.
2. Dari uji ANOVA ambil nilai RJK replikasi, kemudian hitung nilai kesalahan baku rata-rata.
3. Tentukan taraf signifikan α , cari nilai pada daftar rentang *student*.
4. Kalikan harga-harga yang diperoleh pada tabel rentang *student* dengan masing-masing nilai $S_{\bar{y}}$ sehingga diperoleh nilai RST.
5. Bandingkan selisih rata-rata terbesar dan rata-rata terkecil dengan RST untuk $p = k$, selisih rata terbesar dan rata-rata kecil kedua dengan RST untuk $p = (k - 1)$, dan seterusnya.
6. Bandingkan nilai selisih rata-rata dengan RST-nya masing-masing. Jika selisih yang didapat dari nilai RST maka dapat disimpulkan terdapat perbedaan yang berarti diantara rata-rata perlakuan.

2.8.6 Penentuan Level Faktor Optimal

Tahap penentuan level faktor optimal adalah tahap perbandingan nilai rata-rata yang dihasilkan oleh setiap perlakuan pada masing-masing faktor atau interaksi faktor. Nilai rata-rata perlakuan pada masing-masing faktor kemudian diplot ke dalam grafik (Soejanto, 2009).

BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah tahap yang harus ditetapkan terlebih dahulu sebelum melakukan penyelesaian masalah yang sedang dibahas. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian agar proses penelitian dapat terarah, terstruktur dan sistematis. Pada bab ini juga akan dibahas mengenai metode penelitian, tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian, metode pengumpulan data serta langkah-langkah penelitian.

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental. Menurut Sugiyono (2009 : 107) “Metode penelitian eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali”. Penelitian eksperimental dilakukan karena peneliti akan melakukan percobaan secara langsung terhadap objek penelitian. Objek penelitian yang akan dibuat yaitu *paving block* di industri *paving block* di Malang yaitu PT Malang Indah Genteng Rajawali.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Malang Indah, Kabupaten Malang, Jawa Timur pada Bulan Desember 2015 – Agustus 2016

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini, alat dan bahan yang diperlukan untuk mendukung berjalannya eksperimen penelitian ini, yaitu:

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

- a. Mesin pengaduk.
- b. Ember, untuk wadah air.
- c. Cangkul, untuk mencampur bahan.
- d. Mesin *multi block*

- e. *Pallet*, untuk meletakkan *paving block* yang telah di cetak.
- f. *Digital Compression Machine*

2. Bahan

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Semen
- b. Pasir Goa
- c. Pasir Lumajang
- d. Coral
- e. Abu Batu
- f. Air
- g. *Pulverized Fly Ash*

3.4 Langkah-Langkah Penelitian

Berikut ini adalah langkah-langkah yang dilakukan pada saat penelitian.

3.4.1 Penelitian Pendahuluan

Pada penelitian pendahuluan meliputi studi pustaka, studi lapangan, identifikasi masalah, perumusan masalah, dan tujuan penelitian.

Berikut ini tahap penelitian pendahuluan:

1. Metode penelitian kepustakaan (*Library Research*)

Metode penelitian kepustakaan merupakan suatu metode yang digunakan untuk mendapatkan data dengan cara studi literatur di perpustakaan serta dengan membaca sumber-sumber data informasi lainnya yang berhubungan dengan pembahasan.

2. Metode penelitian lapangan (*Field Research*)

Metode ini digunakan dalam pengumpulan data secara langsung pada objek penelitian, cara yang dipakai dalam *field research* ini adalah:

- a. *Interview*, pada tahap ini dilakukan *interview* dengan produsen dan para karyawannya untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada saat proses pembuatan *paving block*.
- b. *Observasi*, yaitu suatu metode dalam memperoleh data dengan mengadakan pengamatan langsung terhadap keadaan yang sebenarnya dalam industri *paving block*.

- c. Dokumentasi, yaitu melakukan pengumpulan data baik secara langsung (foto) dan data historis (data milik produsen).
- d. Eksperimen, merupakan cara pengumpulan data dengan melaksanakan percobaan langsung terhadap objek, yaitu pembuatan *paving block*.
- e. Diskusi, yaitu berdiskusi dan bertukar pikiran dengan produsen dan dikombinasikan dengan hasil teori yang dimiliki peneliti untuk mengetahui faktor penyebab permasalahan.

3. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan berdasarkan studi lapangan terhadap objek penelitian dan studi literatur tentang permasalahan yang dihadapi. Pengamatan di lapangan dan wawancara dengan produsen *paving block* akan diperoleh kondisi dimana hal tersebut tidak sesuai dengan pelaksanaannya ataupun hasil yang diperoleh dengan kondisi yang diharapkan. Lalu mendefinisikan permasalahan yaitu menentukan batasan dan asumsi masalah pada penelitian ini. Dari studi literatur akan dipilih metode yang mungkin untuk memecahkan masalah dan dipilih yang sesuai dengan keadaan.

4. Perumusan Masalah

Setelah mendefinisikan masalah dengan seksama, selanjutnya dilanjutkan dengan merumuskan masalah sesuai dengan kenyataan di lapangan.

5. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan. Hal ini ditujukan untuk menentukan batasan yang perlu dipahami dalam pengolahan dan analisis hasil pengukuran selanjutnya.

3.4.2 Pengumpulan Data

Jenis data yang dikumpulkan terdiri atas dua jenis data dengan metode pengumpulan data sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer adalah sumber data penelitian dimana data diperoleh secara langsung dari sumber data. Data primer yang diambil adalah komposisi pembuatan paving block, penentuan level dan faktor, kuat tekan paving block setelah dilakukan eksperimen dan data lainnya yang mendukung dalam penelitian ini.

2. Data Sekunder

Data sekunder didapatkan melalui hasil wawancara dan diskusi yang dilakukan kepada pihak produsen *paving block* yaitu PT Malang Indah Genteng Rajawali yang dapat memberikan informasi yang berhubungan dengan penelitian. Data sekunder yang dikumpulkan antara lain profil dan sejarah perusahaan, struktur organisasi perusahaan, dan data proses produksi *paving block*.

3.4.3 Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan metode Desain Eksperimen 3^k untuk memperbaiki proses produksi *paving block* sehingga dapat mengetahui kualitas kuat tekan produk *paving block*. Tahap pengolahan data yang dilaksanakan dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

1. Uji ANOVA

Uji ANOVA merupakan suatu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui faktor dan interaksi faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon penelitian. Langkah pembuatan ANOVA pada penelitian perancangan eksperimen faktorial 3^k , yaitu (Sudjana, 1995):

1. Perhitungan jumlah kuadrat
2. Menghitung derajat kebebasan
3. Menghitung nilai rata-rata jumlah kuadrat
4. Uji hipotesis

Uji hipotesis terdiri dari tiga tahapan, yaitu:

- a. Perhitungan F_{hitung}
- b. Penentuan F_{tabel}
- c. Membandingkan nilai F_{hitung} dengan F_{tabel}

2. Uji Newman Keuls

Uji Newman Keuls adalah uji yang dilakukan setelah mengetahui faktor dan interaksi faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan *paving block*. Uji Newman Keuls digunakan untuk mengetahui sejauh mana perbedaan level pada faktor ataupun kombinasi level pada interaksi faktor berpengaruh terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan. Langkah-langkah uji Newman Keuls adalah sebagai berikut (Sudjana, 1995):

1. Susun k buah rata-rata perlakuan menurut urutan nilainya, dari yang paling kecil ke yang paling besar.

2. Dari uji ANOVA ambil nilai RJK replikasi, kemudian hitung nilai kesalahan baku rata-rata.
3. Tentukan taraf signifikan α , cari nilai pada daftar rentang student.
4. Kalikan harga-harga yang diperoleh pada tabel rentang student dengan masing-masing nilai S_{Y^2} sehingga diperoleh nilai rentang signifikan terkecil (RST).
5. Bandingkan selisih rata-rata terbesar dan rata-rata terkecil dengan RST untuk $p = k$, selisih rata terbesar dan rata-rata kecil kedua dengan RST untuk $p = (k - 1)$, dan seterusnya.
6. Bandingkan nilai selisih rata-rata dengan RST-nya masing-masing. Jika selisih yang didapat dari nilai RST maka dapat disimpulkan terdapat perbedaan yang berarti diantara rata-rata perlakuan.

3. Penentuan Level Faktor Optimal

Penentuan level faktor optimal dilakukan untuk mengetahui pada level mana faktor dapat menghasilkan nilai optimal. Penentuan level faktor optimal dilakukan dengan cara membandingkan rata-rata nilai kuat tekan yang dihasilkan dari setiap level faktor ataupun level dari setiap interaksi faktor.

3.4.4 Analisis dan Pembahasan

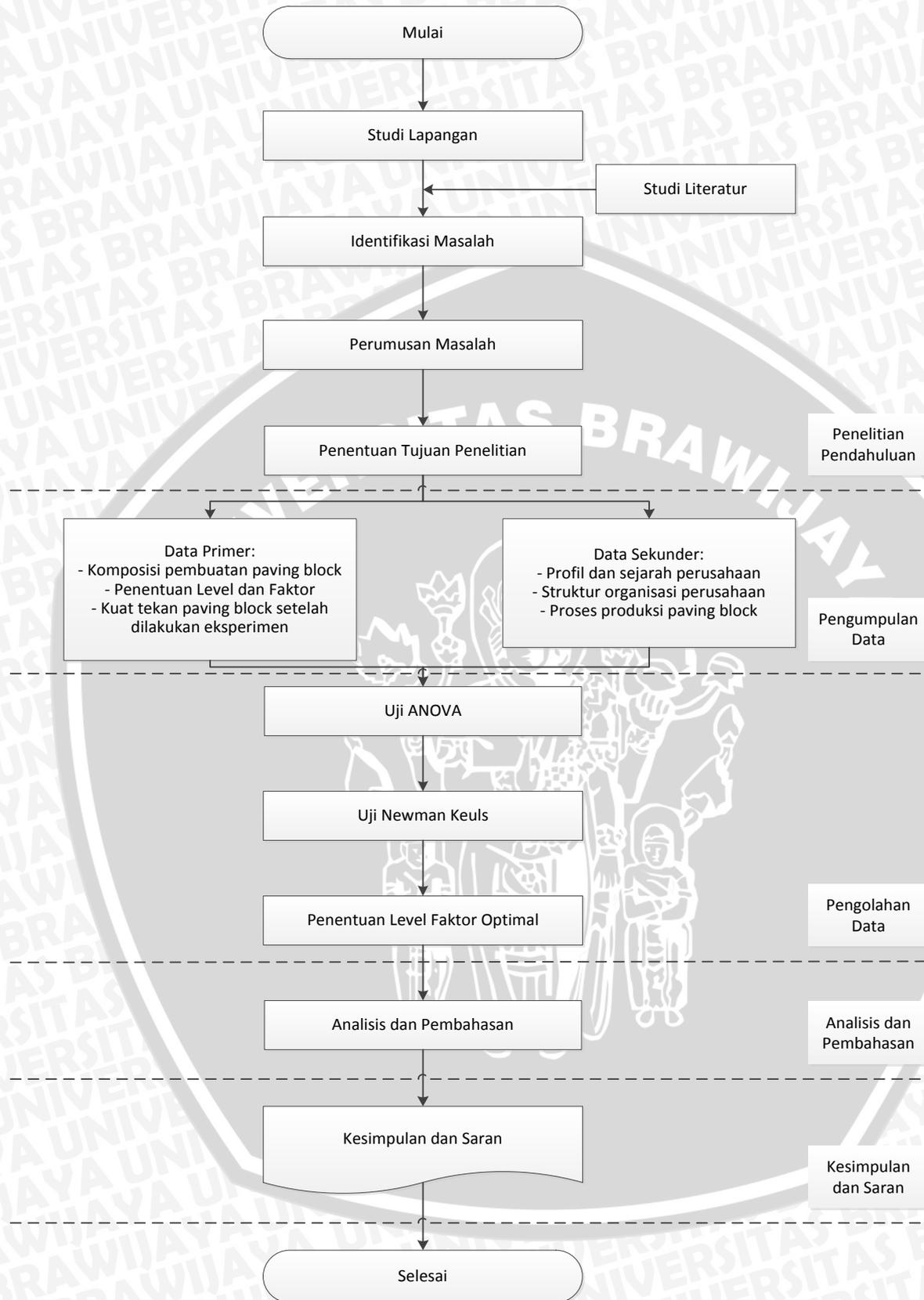
Setelah dilakukan pengolahan data, kemudian dilakukan analisis terhadap hasil yang telah didapatkan yaitu komposisi adonan terbaik yang mempengaruhi kualitas *paving block*. Berdasarkan hasil dari desain eksperimen faktorial 3^k yang dilanjutkan dengan uji Newman Keuls, dapat diketahui faktor dan level optimal dari kombinasi komposisi pasir dan bahan pengganti.

3.4.5 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran merupakan langkah akhir dari proses penelitian. Kesimpulan berisi tentang ringkasan yang diperoleh dari hasil pengumpulan, pengolahan, dan analisis yang menjawab tujuan penelitian yang ditetapkan. Saran berisi tentang masukan yang ditujukan kepada berbagai pihak dalam menindaklanjuti penelitian ini.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah langkah-langkah penelitian yang ditampilkan dengan diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian