

# Desain Eksperimen

## Bahan Kuliah Statistika

Sevi Nurafni

Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Koperasi Indonesia 2025

Hal penting dalam desain eksperimen:

- Metode untuk mengumpulkan data
- Pemilihan acak (randomness)

Metode dalam statistik ditentukan oleh data; **studi observasi** dan **eksperimen**.

Studi observasi : mengobservasi dan menghitung karakteristik spesifik, namun tidak memodifikasi subjek yang dipelajari

Eksperimen : mengaplikasikan beberapa treatment, dan kemudian mengobservasi efeknya terhadap subjek tersebut

# Metode Pengumpulan Data

Tiga metode dasar pengumpulan data statistik adalah:

1. Studi retrospektif menggunakan data historis
2. Studi observasional
3. Eksperimen yang dirancang

# 1. Retrospektif

Pada proses pasteurisasi susu UHT, suhu dan waktu pemanasan merupakan variabel penting yang menentukan keamanan dan mutu produk.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas akhir susu meliputi: Suhu pemanasan, Waktu tahan (holding time), Suhu pendinginan

Engineer proses pangan mencatat dan mengarsipkan data berikut setiap jam:

- Suhu pemanasan pada heat exchanger (°C)
- Waktu tahan susu dalam tabung holding (detik)
- Suhu pendinginan setelah proses UHT (°C)
- Laju alir susu dalam sistem UHT, yang harus dijaga konstan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan hubungan antara suhu pemanasan, suhu pendinginan, dan laju alir susu terhadap mutu susu UHT yang dihasilkan, terutama dilihat dari indikator total mikroba dan kestabilan warna.

Namun, penelitian ini menghadapi beberapa tantangan:

**1. Laju alir susu biasanya dijaga tetap konstan oleh operator produksi.**

Akibatnya, kita mungkin tidak dapat melihat dengan jelas hubungan antara laju alir dan mutu susu, karena variabel ini hanya sedikit mengalami perubahan selama pengambilan data.

**2. Data suhu pemanasan dan suhu pendinginan dicatat secara kontinu (misalnya setiap menit), sementara pengukuran kualitas susu (seperti total mikroba atau pengamatan warna) dilakukan setiap jam.**

Hal ini menyebabkan ketidaksesuaian waktu pengambilan data antar variabel, sehingga analisis hubungan antar faktor bisa kurang presisi

Penelitian yang menggunakan data lama (retrospektif) memang bisa punya banyak data, tapi belum tentu datanya benar-benar bermanfaat untuk menjawab masalah yang sedang diteliti.

Karena hal seperti ini, analisis statistik terhadap data lama kadang bisa menunjukkan hal-hal menarik, tapi seringkali sulit dijelaskan secara pasti dan meyakinkan kenapa hal itu terjadi

## 2. Studi Observasional

- Engineer mengamati proses atau sistem yang sedang berjalan, dengan berusaha tidak mengganggu jalannya proses tersebut, lalu mencatat hal-hal penting yang ingin diketahui.
- Biasanya pengamatan ini dilakukan dalam waktu yang tidak terlalu lama.
- Misalnya pada proses pasteurisasi susu UHT, insinyur akan membuat formulir khusus untuk mencatat suhu pemanasan, suhu pendinginan, dan laju alir susu saat dilakukan pengukuran kualitas susu, seperti jumlah mikroba atau perubahan warna.
- Kalau memungkinkan, Engineer juga bisa mengukur kualitas susu mentah yang masuk (misalnya kadar lemak atau total mikroba awal), agar pengaruh faktor bahan baku juga dapat dianalisis.

### 3. Eksperimen yang dirancang

Seorang engineer membuat perubahan yang disengaja dalam variabel yang dapat dikontrol dari suatu sistem atau proses, mengamati data output sistem yang dihasilkan, dan kemudian membuat kesimpulan atau keputusan tentang variabel mana yang bertanggung jawab atas perubahan yang diamati dalam kinerja output.



# Contoh

## Pemilihan Waktu Pasteurisasi Terbaik untuk Jus Buah

Seorang engineer pangan ingin mengetahui waktu pasteurisasi terbaik untuk menjaga kualitas jus buah. Ia memilih dua waktu pemanasan berbeda yaitu 15 detik dan 30 detik, lalu melakukan serangkaian pengujian untuk mengukur jumlah mikroba yang tersisa setelah pemanasan.

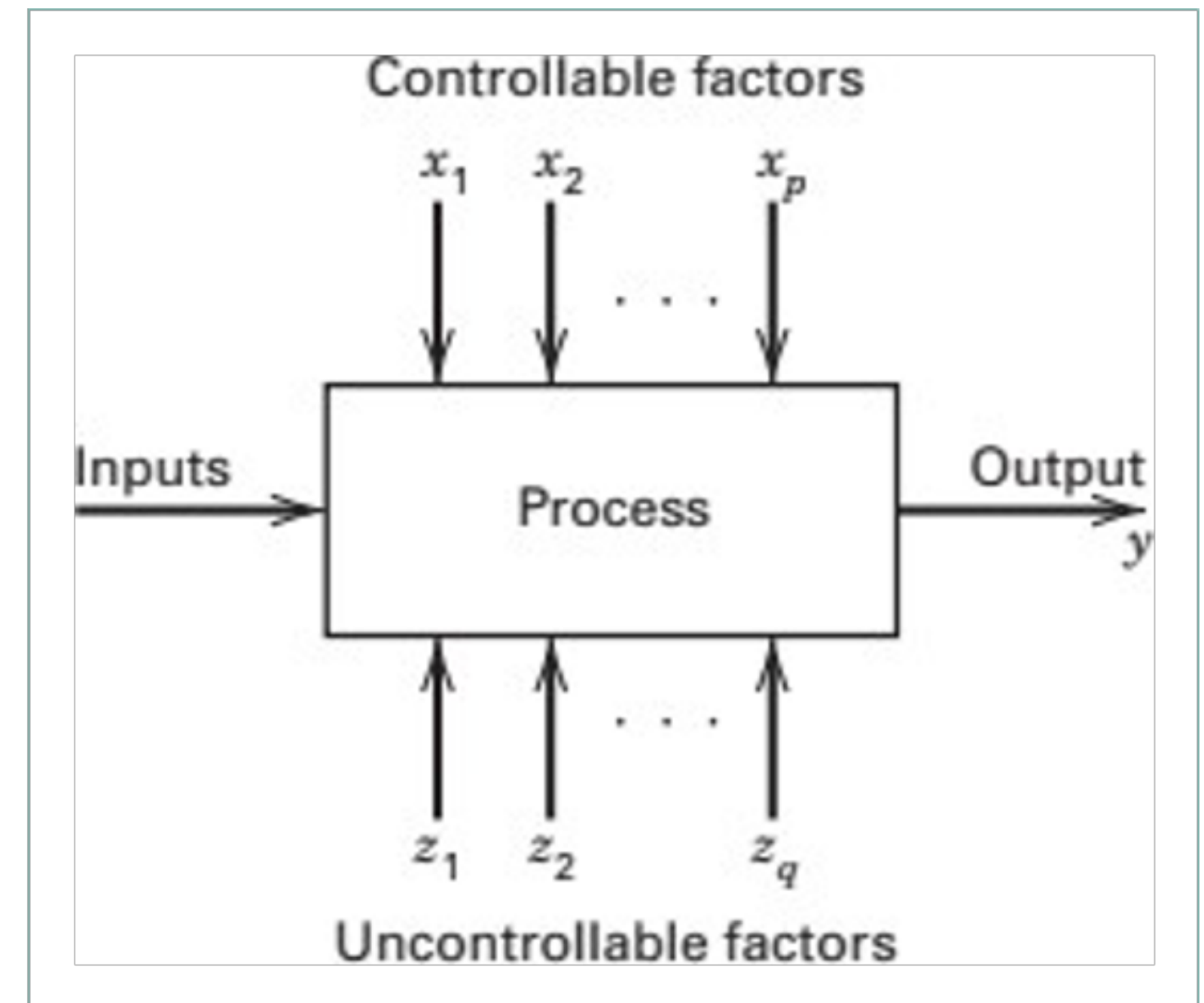
# Contoh

Pendekatan Analisis Data yang digunakan:

- **Uji Hipotesis Dua Sampel.** Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah waktu pemanasan yang lebih lama benar-benar menurunkan jumlah mikroba secara signifikan.
- **Uji Hipotesis Satu Sampel.** Untuk menguji apakah hasilnya memenuhi standar keamanan tersebut.
- Engineer mungkin tertarik untuk menguji peningkatan waktu pemanasan dari 15 ke 30 detik benar-benar menghasilkan penurunan jumlah mikroba secara signifikan, maka ini adalah **uji hipotesis dua sampel yang bersifat analitik.**

# Eksperimen

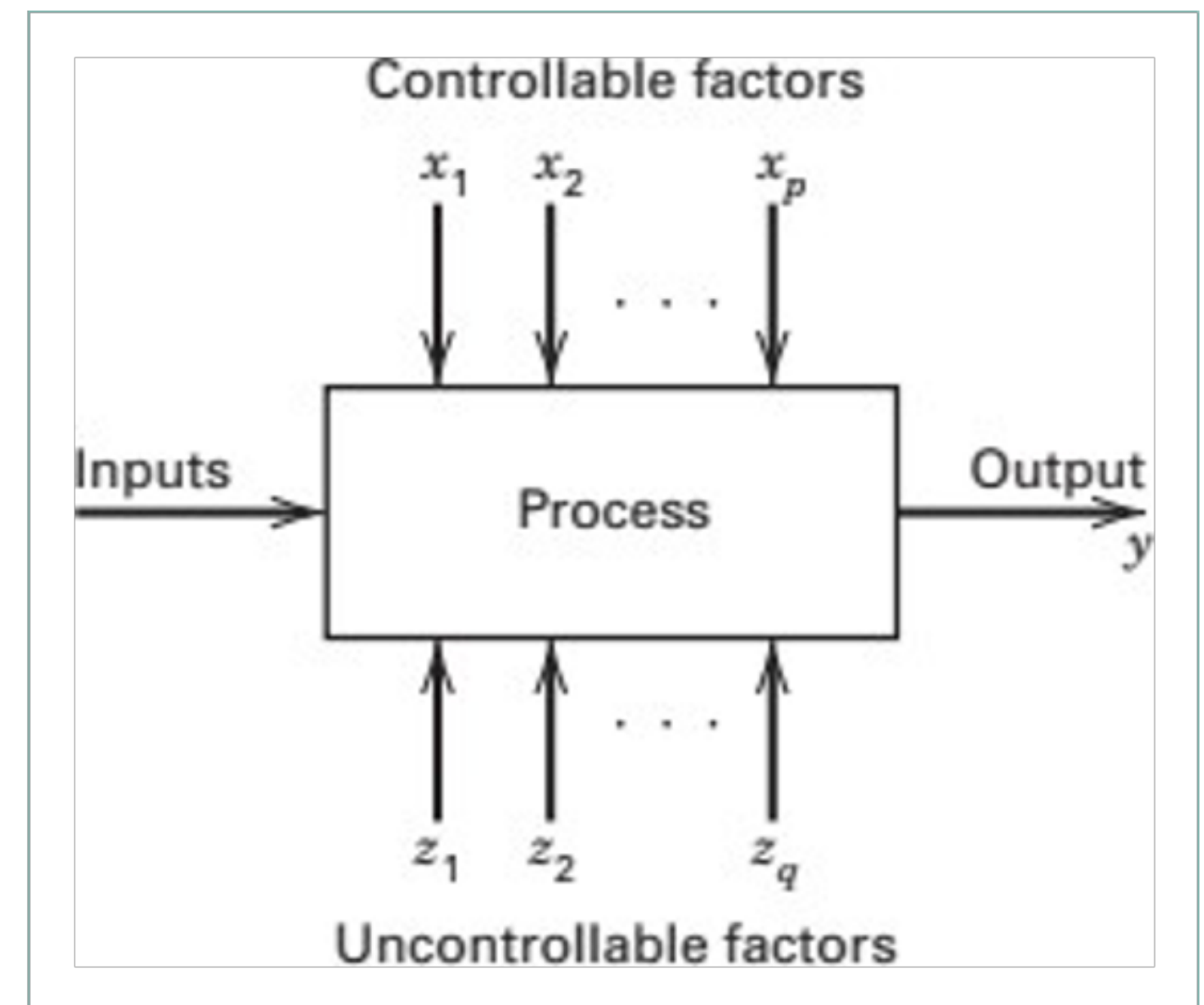
- Eksperimen digunakan untuk mempelajari kinerja proses dan sistem.
- Proses  $\equiv$  kombinasi dari operasi, mesin, metode, manusia, dan sumber daya lain yang mengubah beberapa input (material) menjadi output yang memiliki satu atau lebih variabel respon yang dapat diamati.
- Beberapa variabel proses dan sifat material ( $x_1, x_2, \dots$ ) dapat dikontrol, sedangkan variabel lain ( $z_1, z_2, \dots$ ) tidak dapat dikendalikan.



# Eksperimen

Tujuan percobaan dapat mencakup yang berikut:

- Menentukan variabel mana yang paling berpengaruh pada respons  $y$
- Menentukan tempat untuk mengatur  $x$  yang berpengaruh sehingga  $y$  hampir selalu mendekati nilai yang diinginkan
- Menentukan tempat untuk mengatur  $x$  yang berpengaruh sehingga variabilitas dalam  $y$  kecil
- Menentukan tempat untuk mengatur  $x$  yang berpengaruh sehingga efek dari variabel yang tidak dapat dikendalikan ( $z$ ) diminimalkan.



# Aplikasi Desain Eksperimen

Jika kita menerapkan teknik eksperimen sejak awal saat merancang proses, kita bisa menghasilkan:

1. Hasil proses yang lebih baik
2. Variasi yang lebih kecil dan hasil lebih mendekati standar atau target yang diinginkan
3. Waktu pengembangan yang lebih singkat
4. Pengurangan biaya secara keseluruhan

# Prinsip Dasar

Tiga prinsip dasar desain eksperimental adalah:

- Randomization,
- replication, and
- blocking.

# Randomization

- Materi eksperimental dan urutan di mana masing-masing percobaan yang dijalankan, harus ditentukan secara acak.
- Metode statistik mengharuskan pengamatan menjadi variabel acak yang didistribusikan secara independen.
- Dengan melakukan randomisasi percobaan dengan benar, dapat membantu dalam "meratakan" efek dari faktor-faktor asing yang mungkin ada.

# Randomization

- Contoh: Uji Ketahanan Penyimpanan Roti pada Dua Jenis Kemasan

Seorang peneliti ingin membandingkan ketahanan penyimpanan roti pada dua jenis kemasan berbeda:

Plastik biasa, dan

Plastik vakum.

Namun, roti yang digunakan dalam eksperimen berasal dari beberapa batch produksi berbeda. Setiap batch bisa memiliki tekstur atau kelembapan yang sedikit berbeda, yang dapat memengaruhi daya tahan roti selama penyimpanan.

Jika semua roti dari batch pertama dimasukkan ke kemasan plastik biasa, dan semua roti dari batch kedua dimasukkan ke kemasan plastik vakum, maka hasil eksperimen bisa jadi tidak adil (bias).

Bisa saja perbedaan hasil bukan karena jenis kemasan, tapi karena perbedaan kondisi roti dari batch-nya.



# Randomization

- Contoh: Uji Ketahanan Penyimpanan Roti pada Dua Jenis Kemasan
- Implementasi

Untuk menghindari bias, roti dari semua batch dibagi secara acak ke dalam dua kelompok:

- Beberapa roti dari setiap batch dikemas dengan plastik biasa
- Sisanya dikemas dengan plastik vakum

Dengan cara ini, setiap jenis kemasan menerima roti dengan kondisi yang beragam secara merata, dan hasil perbandingan lebih adil dan dapat dipercaya.

# Replication

- Pengulangan percobaan secara independen dari setiap kombinasi faktor.
- Replikasi digunakan secara efektif ketika memiliki sejumlah subjek yang cukup untuk berbagai perlakuan.
- Memperlihatkan efek dari variable dan dapat mengestimasi eror pada eksperimen.

# Replication

Replikasi memiliki dua sifat penting.

- Memungkinkan eksperimen untuk mendapatkan perkiraan kesalahan eksperimental. Estimasi kesalahan menjadi unit dasar pengukuran untuk menentukan apakah perbedaan yang diamati dalam data benar-benar berbeda secara statistik.
- Jika rata-rata sampel digunakan untuk memperkirakan respons rata-rata sebenarnya untuk salah satu faktor dalam percobaan, replikasi memungkinkan eksperimen untuk mendapatkan perkiraan parameter yang lebih tepat.

# Replication

- Contoh: Uji Ketahanan Penyimpanan Roti pada Dua Jenis Kemasan
- Implementasi

Misalnya:

- Peneliti mengemas 10 roti dalam plastik biasa
- Dan 10 roti lainnya dalam plastik vakum

Lalu, setiap roti diamati secara terpisah selama masa penyimpanan untuk mencatat lama waktu sebelum muncul jamur atau perubahan bau/tekstur.

Dengan begitu, peneliti dapat menghitung rata-rata dan variasi ketahanan masing-masing jenis kemasan, dan memastikan hasilnya tidak kebetulan hanya karena satu roti saja.

# Blocking

- Hasil eksperimen seringkali kacau atau mengalami *confounding*; disebabkan oleh peneliti tidak mampu membedakan efek yang dihasilkan oleh beberapa faktor.
- Contoh *confounding* dalam penelitian?
- Dapat dilakukan kontrol dengan menggunakan *tools* seperti blinding, block, desain eksperimental acak lengkap, atau desain eksperimental yang dikontrol ketat.

# Blocking

- Blocking adalah teknik desain yang digunakan untuk meningkatkan presisi perbandingan antara faktor-faktor yang dibuat.
- Seringkali blocking digunakan untuk mengurangi atau menghilangkan variabilitas yang dihasilkan dari faktor gangguan — faktor yang dapat memengaruhi respons eksperimental tetapi tidak menjadi interest dari eksperimen.

# Blocking

- Contoh: Uji Ketahanan Penyimpanan Roti pada Dua Jenis Kemasan

- Implementasi

Misalnya, roti diproduksi dari 3 batch berbeda pada waktu yang berbeda (misalnya pagi, siang, sore). Masing-masing batch bisa punya perbedaan kecil dalam kelembapan atau suhu oven, yang bisa mempengaruhi daya tahan penyimpanan.

Daripada mengabaikan perbedaan batch, peneliti mengelompokkan roti berdasarkan batch sebagai blok.

Lalu di dalam setiap blok (batch):

- Sebagian roti dikemas dengan plastik biasa
- Sebagian lagi dikemas dengan plastik vakum

Jadi, perbandingan jenis kemasan dilakukan dalam setiap batch yang relatif seragam.

**SELAMAT  
BELAJAR**