

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beton**

Perkembangan konstruksi saat ini semakin maju, seiring dengan pembangunan yang kian banyak dilakukan, baik berupa gedung-gedung tinggi maupun infrastruktur lainnya. Dalam perkembangan tersebut beton telah menjadi salah satu alternatif konstruksi yang paling banyak dimanfaatkan.

Menurut SNI 03-2847-2002, pengertian beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

Menurut Nawy (1985:8) beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimia sejumlah material pembentuknya. DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat.

Agar dihasilkan kuat desak beton yang sesuai dengan rencana diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Disamping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi segregasi. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat desak beton yang dihasilkan.

Syarat terpenting dari pembuatan beton adalah :

1. Beton segar harus dapat dikerjakan atau dituang.
2. Beton yang dikerjakan harus cukup kuat untuk menahan beban dari yang telah direncanakan.
3. Beton tersebut harus dapat dibuat secara ekonomis.

Semen dan air dalam adukan beton membuat pasta yang disebut pasta semen. Adapun pasta semen ini selain untuk mengisi pori-pori antara butiran agregat halus dan agregat kasar juga mempunyai fungsi sebagai pengikat sehingga terbentuk suatu massa yang kompak dan kuat. Ruang yang tidak dapat ditempati oleh butiran semen, merupakan rongga yang berisi udara dan air yang saling berhubungan yang disebut kapiler. Kapiler yang terbentuk akan tetap tinggal ketika beton sudah mengeras, sehingga beton akan mempunyai sifat tembus air yang besar, akibatnya kekuatan beton berkurang. Rongga ini dapat dikurangi dengan bahan tambah meskipun penambahan ini akan menambah biaya pelaksanaan. Bahan tambah ini merupakan bahan tambah khusus yang ditambah dalam campuran beton sebagai pengisi dan pada umumnya berupa bahan kimia organik dan bubuk mineral aktif.

### **2.1.1 Jenis-Jenis Beton**

Pada umumnya beton sering digunakan sebagai struktur dalam konstruksi suatu bangunan. Dalam teknik sipil, beton digunakan untuk bangunan pondasi, kolom, balok dan pelat. Menurut Mulyono (2005), terdapat beberapa jenis beton yang dipakai dalam konstruksi suatu bangunan yaitu sebagai berikut ini:

1. Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat normal.
2. Beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja secara bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.
3. Beton pracetak adalah beton yang elemen betonnya tanpa atau dengan tulangan yang dicetak di tempat yang berbeda dari posisi akhir elemen dalam struktur.
4. Beton pratekan adalah beton dimana telah diberikan tegangan dalam bentuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat pemberian beban yang bekerja.
5. Beton ringan adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran antara agregat kasar ringan dan pasir alami sebagai pengganti agregat halus

ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m<sup>3</sup> kering udara dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik beton ringan untuk tujuan struktural.

### **2.1.2 Jenis-jenis Beton Berdasarkan Berat Satuan (SNI 03-2847-2002)**

Jenis-jenis Beton Berdasarkan Berat Satuan (SNI 03-2847-2002) adalah sebagai berikut:

1. Beton ringan : berat satuan  $\leq 1.900 \text{ kg/m}^3$
2. Beton normal : berat satuan  $2.200 \text{ kg/m}^3 - 2.500 \text{ kg/m}^3$
3. Beton berat : berat satuan  $> 2.500 \text{ kg/m}^3$

SNI tidak menggolongkan beton berat, namun pada umumnya beton dengan berat satuan di atas  $2.500 \text{ kg/m}^3$  dikategorikan beton berat, walaupun ada yang menerapkan nilai  $3.200 \text{ kg/m}^3$  sebagai batas bawah beton berat.

Beton yang berat satuannya berada di antara kategori di atas pada umumnya tidak efektif perbandingan berat sendiri dan kekuatannya, walaupun tidak ada larangan untuk membuat beton dengan berat satuan di antara  $1.900 \text{ kg/m}^3 - 2.200 \text{ kg/m}^3$ .

## **2.2 Material Penyusun Beton**

### **2.2.1 Semen**

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton yang dihasilkan.

Semen yang biasa digunakan adalah semen portland. Semen portland adalah semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Komposisi semen Portland (Nawy, 1985:11) dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Persentasi Komposisi Semen Portland

	Komposisi dalam persen (%)							Karakteristik Umum
	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	CaAF	CaSO <sub>4</sub>	CaO	MgO	
Tipe I, Normal	49	25	12	8	2,9	0,8	2,4	Semen untuk semua tujuan
Tipe II, Modifikasi	46	29	6	12	2,8	0,6	3	Relatif sedikit pelepasan panas, digunakan untuk struktur besar
Tipe III, Kekuatan Awal Tinggi	56	15	12	8	3,9	1,4	2,6	Mencapai kekuatan awal yang tinggi pada umur tinggi
Tipe IV, Panas Hidrasi Rendah	30	46	5	13	2,9	0,3	2,7	Dipakai pada bendungan beton
Tipe V, Tahan Sulfat	43	36	4	12	2,7	0,4	1,6	Dipakai pada saluran dan struktur yang diekspos terhadap sulfat

(Sumber: Nawy, 1985:11)

Adapun jenis-jenis semen-semen antara lain:

1. Tipe I, semen Portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
2. Tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Tipe III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Tipe IV, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah.
5. Tipe V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Semen tipe I digunakan untuk bangunan-bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus. Semen Tipe II yang memiliki kadar C<sub>3</sub>A tidak lebih dari 8% digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah untuk pondasi yang tertanam didalam tanah yang mengandung air agresif (garam-garam sulfat) dan saluran air buangan atau bangunan yang berhubungan langsung dengan rawa. Semen Tipe III, memiliki kadar C<sub>3</sub>A dan C<sub>3</sub>S yang tinggi dan butirnya digiling dengan sangat halus, sehingga cepat mengalami proses hidrasi. Semen jenis ini

digunakan pada daerah yang bertemperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin (*winter season*). Semen Tipe IV mempunyai panas hidrasi yang rendah, kadar  $C_3S$  nya dibatasi maksimum sekitar 35% dan kadar  $C_3A$  nya maksimum 5%. Semen tipe ini biasanya digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar dan masif, umpamanya untuk bendung, pondasi berukuran besar atau pekerjaan besar lainnya. Semen Tipe V digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam persentase yang tinggi.

### 2.2.2 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membahasi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang digunakan tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1gr/liter karena dapat menurunkan mutu beton hingga kian rapuh dan lemah.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, melainkan perbandingan air dengan semen atau biasa yang disebut dengan faktor air semen (*water cement ratio*).

Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, zat organis atau bahan lainnya yang dapat merusak beton tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Air yang digunakan dalam pembuatan beton pratekan dan beton yang akan ditanami logam aluminium (termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat) tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah membahayakan (ACI 318-89: 2-2).

Untuk perlindungan terhadap korosi, konsentrasi ion klorida maksimum yang terdapat dalam beton keras umur 28 hari yang dihasilkan dari bahan campuran termasuk air, agregat, semen dan bahan tambah tidak boleh melampaui nilai batas yang diberikan pada tabel 2.2 berikut.

**Tabel 2.2** Batas maksimum *Ion Klorida*

Jenis Beton	Batas (%)
Beton pratekan	0,06
Beton bertulang yang terus berhubungan dengan klorida	0,15
Beton bertulang yang selamanya kering atau terlindung dari basah	1,00
Konstruksi beton bertulang lainnya	0,30

(Sumber: Tri Mulyono, 2004)

### 2.2.3 Agregat

Penjelasan didalam SNI-15-1991-03, agregat didefinisikan sebagai material granular, misalnya pasir, kerikil, dan batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk beton semen hidrolis atau adukan. Dalam struktur beton biasanya agregat menempati 70%-75% dari volume beton yang mengeras.

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau buatan. Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

#### 1. Agregat Halus

Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir hasil olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2002, bahwa agregat halus merupakan agregat yang mempunyai ukuran butir maksimum sebesar 5,00 mm. Adapun syarat-syarat agregat halus (pasir) untuk campuran beton adalah sebagai berikut:

- a. Kadar lumpur Atau bagian butir yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no 200) dalam % berat maksimum:
  - 1) Untuk beton yang mengalami abrasi, 3 %.
  - 2) Untuk beton jenis lainnya, 5.0 %.
- b. Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah direpihkan (Friable partikel), maksimum 0,5 %.
- c. Kandungan arang dan lignit .
- d. Bebas dari zat organik yang merugikan beton.

- e. Tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali jika agregat halus digunakan untuk membuat beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah. Agregat yang reaktif terhadap alkali boleh untuk membuat beton dengan semen yang kadar alkalinya dihitung setara Natrium Oksida ( $\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$ ) tidak lebih dari 0,6 %, atau dengan menambahkan bahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaiannya yang dapat membahayakan oleh karena reaksi alkali-agregat tersebut.
- f. Sifat kekal, diuji dengan larutan garam sulfat
- 1) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian hancur maksimum 10 %.
  - 2) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian hancur maksimum 15 %.
- g. Susunan besar butir (grading)  
Agregat halus harus mempunyai susunan besar butir dalam batas-batas yang dapat dilihat pada tabel 2.3 sebagai berikut :

**Tabel 2.3** Batasan Gradasi Untuk Agregat Halus

Ukuran lubang ayakan (mm)	Persen lolos kumulatif
9,5	100
4,75	95 – 100
2,36	80 – 100
1,18	50 – 85
0,60	25 – 60
0,30	10 – 30
0,15	2 – 10

(Sumber : ASTM C-33)

Agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos lebih dari 45 % pada suatu ukuran ayakan dan tertahan pada ayakan berikutnya. Modulus kehalusan tidak boleh kurang dari 2,3 dan tidak boleh lebih dari 3,1. Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu:

a. Pasir galian

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

b. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekatan antar butiran agak kurang karena bentuk butiran yang bulat.

c. Pasir laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Selain dari garam ini mengakibatkan korosi terhadap struktur beton, oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai.

Berdasarkan SK SNI T-15-1990-03 agregat halus dikelompokkan dalam 4 (empat) zona seperti pada tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Syarat Gradasi Agregat Halus/Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
9,6	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber: SKSNI T-15-1990-03)

2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari 4,75 mm. Ketentuan mengenai agregat kasar antara lain :

- a. Harus terdiri dari butir-butir keras dan tidak berpori.
- b. Butir-butir agregat kasar harus kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- c. Tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
- d. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat harus dicuci.

Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5 mm dengan ukuran butir maksimal 40 mm. ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton diatur berdasarkan kebutuhan bahwa agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat diantara batang-batang baja tulangan. Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan, yaitu:

- a. Agregat Normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5-2,7  $\text{gr/cm}^3$ . Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2,3  $\text{gr/cm}^3$ .

- b. Agregat Berat

Agregat Berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8  $\text{gr/cm}^3$ , misalnya magnetit ( $\text{FeO}_4$ ) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5  $\text{gr/cm}^3$ . Penggunaannya dipakai sebagai pelindung dari radiasi.

- c. Agregat Ringan

Agregat Ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0  $\text{gr/cm}^3$  yang biasanya dibuat untuk beton non structural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih ringan.

Syarat gradasi agregat kasar dapat dilihat pada tabel 2.5 sebagai berikut

**Tabel 2.5** Syarat Gradasi agregat Kasar

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	% Kumulatif lolos ukuran butir nominal saringan (mm)			
	37,5-4,75	25-4,74	19-4,75	12-4,75
37,5	95-100	100	-	-
25	-	95-100	100	-
19	35-70	-	90-100	100
12,5	-	25-60	-	90-100
9,5	30-6	-	20-55	40-70
4,75	0-5	0-10	0-10	0-15
2,36	-	0-5	0-5	0-5

(Sumber: ASTM C – 136-50 )

### 2.3 Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau ada evaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharakan akan digunakan. Bahan tambah ini biasanya diberikan dalam jumlah yang relative sedikit, dan pengawasan yang ketat harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan hidrasi (waktu pengikatan),kemudahan pengerjaan, dan kekedapan terhadap air.

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah *admixture* ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*) sedangkan bahan tambah aditif yaitu yang bersifat mineral ditambahkan saat pengadukan dilaksanakan (Tri Mulyono, 2004).

Bahan tambah ini biasanya merupakan bahan tambah kimia yang dimaksudkan lebih banyak mengubah perilaku beton saat pelaksanaan pekerjaan jadi dapat dikatakan bahwa bahan tambah kimia (*chemical admixture*) lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan. Bahan tambah aditif merupakan bahan tambah yang lebih bersifat penyemenan jadi bahan tambah

aditif lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja kekuatannya. Menurut SNI 03-2495-1991 ada beberapa pengertian tipe bahan jenis tambah yaitu :

1. Bahan tambahan tipe A adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan.
2. Bahan tambahan tipe B adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk memperlambat waktu pengikatan beton.
3. Bahan tambahan tipe C adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mempercepat waktu pengikatan dan menambah kekuatan awal beton.
4. Bahan tambahan tipe D adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditentukan dan menghambat waktu pengikatan beton.
5. Bahan tambahan tipe E adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan mempersingkat waktu pengikatan serta menambah kekuatan awal beton.
6. Bahan tambahan tipe F adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sebesar 12% atau lebih, untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan.
7. Bahan tambahan tipe G adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sebesar 12% atau lebih, untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton.

### **2.3.1 Admixture Superplasticizer**

Superplasticizer (*high range water reducer admixtures*) sangat meningkatkan kelecakan campuran. Campuran dengan slump sebesar 7,5 cm akan menjadi 20 cm. digunakan terutama untuk beton mutu tinggi, karena dapat mengurangi air sampai 30%.

Pada prinsipnya mekanisme kerja dari setiap plasticizer sama, yaitu dengan menghasilkan gaya tolak menolak (*dispersion*) yang cukup antarpartikel semen agar tidak terjadi penggumpalan partikel semen (*flocculate*) yang dapat menyebabkan terjadinya rongga udara didalam beton, yang akhirnya akan mengurangi kekuatan atau mutu beton tersebut.

Superplasticizer terbagi atas beberapa jenis yaitu tipe *sulphonate melamine formaldehyde condensates* (SMFC), *sulphonate naphthalene formaldehyde condensates* (SNFC), dan yang terbaru adalah tipe *polycarboxylate ethers* (PCE).

Kegunaan dari superplasticizer dalam campuran pasta semen maupun campuran beton antara lain:

1. Meningkatkan *workability* sehingga menjadi lebih besar dari water reducer biasa.
2. Meningkatkan kebutuhan air (25%-35%).
3. Memudahkan pembuatan beton yang sangat cair. Memungkinkan penuangan pada tulangan yang rapat atau pada bagian yang sulit dijangkau oleh pemadatan yang memadai.
4. Karena tidak terpengaruh oleh perawatan yang dipercepat dapat membantu mempercepat pelepasan kabel prategang dan acuan.
5. Dapat membantu penuangan dalam air karena gangguan menyebarnya beton dapat dihindari.

### **2.3.2 Aditif Mikrosilika (*Silica Fume*)**

*Silica fume* adalah material pozzolan yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak yang dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau *alloy* besi silikon.

Pengaruh *silica fume* pada campuran beton ada pada perbaikan struktur pori. Hal ini mengakibatkan pengurangan permeabilitas sehingga berpengaruh pada sifat mekanis dan ketahanan. Komposisi kimia dan fisika *Silica Fume* dapat dilihat pada tabel 2.6.

**Tabel 2.6** Komposisi Kimia dan Fisika *Silica Fume*

Kimia	Berat dalam persen
SiO <sub>2</sub>	92-94
Karbon	3-5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10-0,50
CaO	0,10-0,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,20-0,30
MgO	0,10-0,20
MnO	0,008
K <sub>2</sub> O	0,10
Na <sub>2</sub> O	0,10
Fisika	Berat dalam persen
Berat Jenis	2,02
Rata-rata Ukuran Partikel, $\mu\text{m}$	0,1
Lolos ayakan No.325 dalam %	99,00
Keasaman pH (10% air dalam <i>slurry</i> )	7,3

(Sumber : Yogendran., et al., *ACI Material Journal*, Maret/April 1987:125)

### 2.3.3 Plastik *Polypropylene*

*Polypropylene* atau polipropena (PP) merupakan sebuah polimer termoplastik yang dibuat oleh industri kimia dan digunakan dalam berbagai aplikasi, diantaranya pengemasan, tekstil (contohnya tali, pakaian dalam termal, dan karpet), alat tulis, berbagai tipe wadah alat-alat rumah tangga yang dapat dipakai kembali (contohnya seperti ember plastik, gelas plastik, toples dan lain-lain), perlengkapan laboratorium, penguas suara, komponen otomotif, dan uang kertas polimer. Polimer adisi yang terbuat dari propilena monomer, permukaannya tidak rata serta memiliki sifat resistan yang tidak tahan terhadap pelarut kimia seperti basa dan asam. Polipropilena biasanya dapat didaur-ulang dengan simbol nomor 5.

#### 1. Sifat Fisik dan Mekanik *Polypropylene* (PP)

*Polypropylene* mempunyai sifat-sifat fisik meliputi:

- a. Memiliki massa jenis rendah
- b. Memiliki sifat tembus cahaya
- c. Dapat terbakar
- d. Bersifat kenyal, tidak mudah robek, dan tahan terhadap kelembaban
- e. Memiliki sifat isolator yang baik

*Polypropylene* mempunyai sifat-sifat mekanik meliputi:

a. Kekuatan (*strength*)

Dibandingkan dengan polimer lain *polypropylene* kekuatan tarik, kekuatan lentur dan kekakuannya lebih tinggi, tetapi ketahanan impaknya rendah terutama pada suhu rendah.

b. Kekenyalan (*elasticity*)

Kebanyakan *polypropylene* merupakan isotaktik dan memiliki kristalinitas tingkat menengah di antara polietilena berdensitas rendah dengan polietilena berdensitas tinggi, modulus youngnya juga menengah. Melalui penggabungan partikel karet, PP bisa dibuat menjadi liat serta fleksibel, bahkan di suhu yang rendah.

c. Ketangguhan (*toughness*)

Polipropilena mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia (*chemical resistance*) yang tinggi tetapi ketahanan pukul (*impact strength*) nya rendah. Polipropilena dapat mengalami degradasi rantai saat terkena radiasi ultra violet dari sinar matahari.

d. Kekakuan (*stiffness*)

Apabila dibandingkan dengan PE (*polyethylene*), *Polypropylene* lebih kaku serta tidak mudah sobek.

## 2. Karakteristik Lain *Polypropylene* (PP)

*Polypropylene* tidak mudah larut dalam air, pelarut organik polar, dan pelarut golongan alkali. Namun jika dilarutkan dalam pelarut organik non polar seperti renggang dan fleksibilitasnya. *Polypropylene* direduksi oleh zat-zat oksidator kuat seperti asam klorosulfonik, oleum 100%, gas asam nitrit, dan gas halogen. Asam sulfanik 98% dan hydrogen peroksida 30% menyebabkan efek yang kecil pada struktur molekulnya tetapi pada suhu 60°C atau lebih akan terdegrasi. Kepekaan *polypropylene* yang sangat besar terhadap kerusakan karena fotooksida disebabkan oleh adanya sejumlah besar atom *hydrogen* tersier di dalam molekul *polypropylene*, sedangkan untuk pengaruh cahaya *polypropylene* peka terhadap oksidasi yang disebabkan oleh cahaya.

Ketahanannya dapat diperbaiki dengan zat-zat antioksidan dan penyerap radiasi atau penstabil sinar UV. *Polypropylene* mempunyai tembus cahaya jauh lebih baik daripada polietilen, karena itu dipakai sebagai bahan pada pembuatan film. Dengan mempergunakan bahan penginti kristal, ukuran kristal dapat dibuat lebih kecil agar lebih transparan, yang juga memperbaiki kekakuannya dan kekuatan impaknya pada suhu rendah. Sebagai penginti dipergunakan bahan Na, Zn, Al dan garam-garam logam lainnya dari asam karboksilat aromatik. Permeabilitas gas polipropilena lebih baik daripada polietilen, karena itu perlu berhati-hati untuk mencegah dispersi pada pengepakan wangi-wangian tersebut. Sifat – sifat polipropilen serupa dengan sifat – sifat polietilen. Massa jenisnya rendah (0,90 – 0,92). Termasuk kelompok yang paling ringan diantara bahan polimer. Dapat terbakar jika dinyalakan.

### 3. Macam - Macam *Polypropylene* (PP)

Berdasarkan monomer penyusunnya, *polypropylene* dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu :

- a. PP *Homopolymer* yaitu PP yang disusun hanya oleh monomer propilena. Sifat utama jenis PP ini adalah kekakuannya, yang bahkan juga dimiliki pada temperature yang tinggi. Jenis PP ini memiliki temperatur transisi gelas 0 °C, sehingga jenis PP ini bersifat getas pada temperature rendah. Pada sifat optis, jenis PP ini memiliki tingkat kebeningan sedang (*translucent*). Pada produk Tri Polyta, yang termasuk PP *homopolymer* adalah jenis (*grade*) PP dengan kode huruf awal “H”, contohnya Trilene HF2.9BO dan HL35HO. Contoh aplikasi (produk) dari PP Homopolymer yaitu kemasan makanan seperti gula dan roti, karung plastik, sedotan minuman, peralatan rumah tangga, mainan dan popok.
- b. PP *Random Copolymer* yaitu PP yang disusun oleh monomer propilena dan etilena yang tersusun acak dalam rantai PP *Random Copolymer* dikenali terutama dari kebeningannya dan kelenturannya yang tinggi. Namun kekuatan dan kekerasannya kurang jika dibandingkan dengan

PP *homopolymer*. Tri Polyta juga memiliki beberapa jenis (*grade*) PP random copolymer, diantaranya Trielene RI10HC dan RE20WL. Jenis (*grade*) Tri Polyta untuk PP random copolymer lainnya dapat dikenali dari kode huruf "R". Contoh dari PP *Random Copolymer* adalah wadah dengan kebeningan sedang seperti toples.

- c. PP *Impact Copolymer* (ICP) yaitu PP yang disusun oleh monomer propilena dan etilena yang tersusun dalam dua blok fasa, yaitu PP *homopolymer* dan *ethylene-propylene-rubber* (EPR). ICP menawarkan variasi sifat yang besar, namun terutama dapat dikenali dari sifatnya yang memiliki ketahanan pembebanan kejutan yang sangat baik, termasuk pada temperatur rendah (memiliki temperatur transisi gelas  $-30^{\circ}\text{C}$ ), dan berwarna putih susu doff, berbeda dengan PP *homopolymer* atau juga PP *random copolymer*. Pada temperatur jenis (*grade*) Tri Polyta, material PP *impact copolymer* diberi kode huruf awal "B" contohnya adalah Trilene BI5.0GA dan BI32AN. Contoh *Impact Copolymer* yaitu furniture, peralatan rumah tangga, produk-produk otomotif dan elektronik, kaleng cat, wadah tipis, gelas tipis, dan peralatan elektronik.

#### 4. Proses Ekstraksi dan Mekanisme Reaksi Polimerisasi *Polypropylene* (PP)

##### a. Proses ekstraksi *Polypropylene* (PP)

*Polypropylene* adalah hasil polimerisasi propena. Polimerisasi adalah penggabungan molekul-molekul sejenis menjadi molekul raksasa sehingga berantai karbon sangat panjang. Molekul yang bergabung disebut monomer-monomer. Sedangkan molekul raksasa yang terbentuk disebut polimer. *Polypropylene* dapat dibuat dari monomer propilen melalui proses polimerisasi menggunakan katalis Ziegler-Natta, Kaminsky atau katalis metallocene. Pembuatan propena terdiri dari 4 tahap besar. Pertama, persiapan bahan baku dari minyak mentah untuk mendapatkan monomer. Kedua, monomer mengalami polimerisasi pada produksi yang lebih besar. Ketiga, hasil dari

polimerisasi terbentuk resin – resin (pelet / butiran). Keempat, produk resin yang terbentuk akan diolah lebih lanjut untuk menjadi produk baru.

b. Mekanisme reaksi polimerisasi *Polypropylene* (PP)

Reaksi polimerisasi pembentukan polipropilena merupakan reaksi polimerisasi pertumbuhan rantai atau polimerisasi adisi. Sebelum terjadi tahapan reaksi, katalis  $TiCl_4$  diaktifkan terlebih dahulu oleh ko-katalis  $Al(C_2H_5)_3$  sehingga akan terbentuk pusat aktif (active center) katalis seperti pada reaksi berikut ini, Mekanisme reaksi yang terjadi terdiri dari 3 tahapan, yaitu:

1) Inisiasi

Setelah katalis diaktifkan oleh ko-katalis membentuk radikal bebas Ti, maka monomer propilen akan menyerang bagian aktif ini dan berkoordinasi dengan logam transisi, selanjutnya ia menyisip antara metal dan grup alkil. Sehingga mulailah terbentuk rantai polipropilena.

2) Propagasi

Radikal propilen terbentuk akan menyerang monomer propilena lainnya terus menerus dan membentuk radikal polimer yang panjang. Pada tahap ini tidak terjadi pengakhiran, polimerisasi terus berlangsung sampai tidak ada lagi gugus fungsi yang tersedia untuk bereaksi. Cara penghentian reaksi yang biasa dikenal adalah dengan penghentian ujung atau dengan menggunakan salah satu monomer secara berlebihan.

3) Terminasi

Pada tahap ini diinjeksikan sejumlah hidrogen yang berfungsi sebagai terminator. Hidrogen sebagai terminator akan bergabung dengan sisi aktif katalis sehingga terjadi pemotongan radikal polimer yang akan menghentikan reaksi polimerisasi propilena.

## 2.4 Dasar Teori

### 2.4.1 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur.

Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Tri Mulyono, 2004).

Beton akan mempunyai kuat tekan yang tinggi jika tersusun dari bahan lokal yang berkualitas baik. Bahan penyusun beton yang perlu mendapat perhatian adalah agregat, karena agregat mencapai 70-75% volume beton (Dipohusodo, 1996). Oleh karena kekuatan agregat sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, maka hal-hal yang perlu diperhatikan pada agregat adalah:

1. Permukaan dan bentuk agregat
2. Gradasi agregat
3. Ukuran maksimum agregat.

Perbandingan Kuat Tekan antara Silinder dan Kubus dapat dilihat pada Tabel 2.7 sebagai berikut.

**Tabel 2.7** Perbandingan Kuat Tekan antara Silinder dan Kubus

Kuat Tekan Silinder (MPa)	2	4	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50
Kuat Tekan Kubus (MPa)	2,5	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30	35	40	45	50	55

(Sumber : ISO Standard 3893-1977)

#### 2.4.2 Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah faktor air semen kuat tekan beton semakin tinggi. Namun demikian, nilai factor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai faktor air semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Oleh sebab itu ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum. Umumnya nilai factor air semen minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Tri Mulyono, 2004). Fungsi FAS, yaitu :

1. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
2. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*) Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi.

Hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus Duff Abrams (1919) sebagai berikut:

$$f'c = \frac{A}{B^{1,5}X} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

$f'c$  = Kuat desak beton

X = faktor air semen

A,B = konstanta

Dengan demikian semakin besar faktor air semen semakin rendah kuat desak betonnya, walaupun apabila dilihat dari rumus tersebut tampak bahwa semakin kecil faktor air semen semakin tinggi kuat desak beton, tetapi nilai fas yang rendah akan menyulitkan pemadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat. Dapat disimpulkan bahwa hampir untuk semua tujuan beton yang mempunyai FAS minimal dan cukup untuk memberikan *workability* tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan yang berlebihan, merupakan beton yang baik.

### 2.4.3 *Workability*

Salah satu sifat beton sebelum mengeras (beton segar) adalah kemudahan pengerjaan (*workability*). *Workability* adalah tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam mencampur, mengaduk, menuang dalam cetakan dan pemadatan tanpa homogenitas beton berkurang dan beton tidak mengalami bleeding (pemisahan) yang berlebihan untuk mencapai kekuatan beton yang diinginkan. *Workability* akan lebih jelas pengertiannya dengan adanya sifat-sifat berikut:

1. Mobility adalah kemudahan adukan beton untuk mengalir dalam cetakan.
2. Stability adalah kemampuan adukan beton untuk selalu tetap homogen, selalu mengikat (koheren), dan tidak mengalami pemisahan butiran (segregasi dan bleeding).
3. Compactibility adalah kemudahan adukan beton untuk dipadatkan sehingga rongga-rongga udara dapat berkurang.
4. Finishibility adalah kemudahan adukan beton untuk mencapai tahap akhir yaitu mengeras dengan kondisi yang baik.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat workability antara lain:

1. Jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton. Semakin banyak air yang digunakan, maka beton segar semakin mudah dikerjakan.
2. Penambahan semen ke dalam campuran juga akan memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap.
3. Gradasi campuran pasir dan kerikil. Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, maka adukan beton akan mudah dikerjakan.
4. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton.
5. Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan dikerjakan.
6. Cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan (Tjokrodimuljo, 1996).

#### **2.4.4 Slump**

Nilai *slump* digunakan untuk pengukuran terhadap tingkat kelecakan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton (*workability*). Semakin besar nilai *slump* maka beton semakin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan, sebaliknya semakin kecil nilai *slump*, maka beton akan semakin kental

dan semakin sulit untuk dikerjakan. Penetapan nilai *slump* untuk berbagai pengerjaan beton dapat dilihat pada tabel 2.8 sebagai berikut.

**Tabel 2.8** Pengerjaan Beton

Pemakaian Beton (Berdasarkan jenis struktur yang dibuat)	Nilai <i>Slump</i> (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, plat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5
Pondasi tapak tidak bertulang, kaison, dan struktur bawah tanah	9	2,5
Pelat, balok, kolom, dinding	15	7,5
Perkerasan jalan	7,5	5
Pembetonan masal ( beton massa)	7,5	2,5

(Sumber : Trokrodumuljo, 2007)

## 2.5 Uji Validitas Data

Dalam penelitian, data mempunyai kedudukan yang paling tinggi, karena data merupakan penggambaran variabel yang diteliti dan berfungsi sebagai alat pembuktian hipotesis. Benar tidaknya data, sangat menentukan bermutu tidaknya hasil penelitian. Sedang benar tidaknya data, tergantung dari baik tidaknya instrumen pengumpulan data. Pengujian instrumen biasanya terdiri dari uji validitas dan reliabilitas.

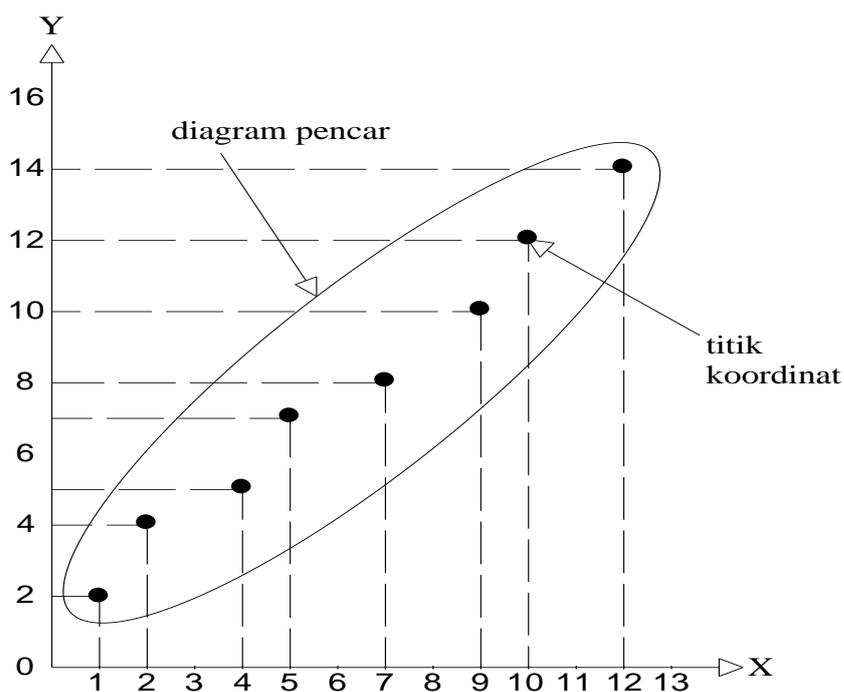
Validitas adalah tingkat keandalan dan kesahihan alat ukur yang digunakan. Instrumen dikatakan valid berarti menunjukkan alat ukur yang dipergunakan untuk mendapatkan data itu valid atau dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur. Dengan demikian, instrumen yang valid merupakan instrumen yang benar-benar tepat untuk mengukur apa yang hendak diukur. Sedangkan Uji reliabilitas berguna untuk menetapkan apakah instrumen yang dalam hal ini kuesioner dapat digunakan lebih dari satu kali, paling tidak oleh responden yang sama akan menghasilkan data yang konsisten. Dengan kata lain, reliabilitas instrumen mencirikan tingkat konsistensi.

### 2.5.1 Metode Korelasi

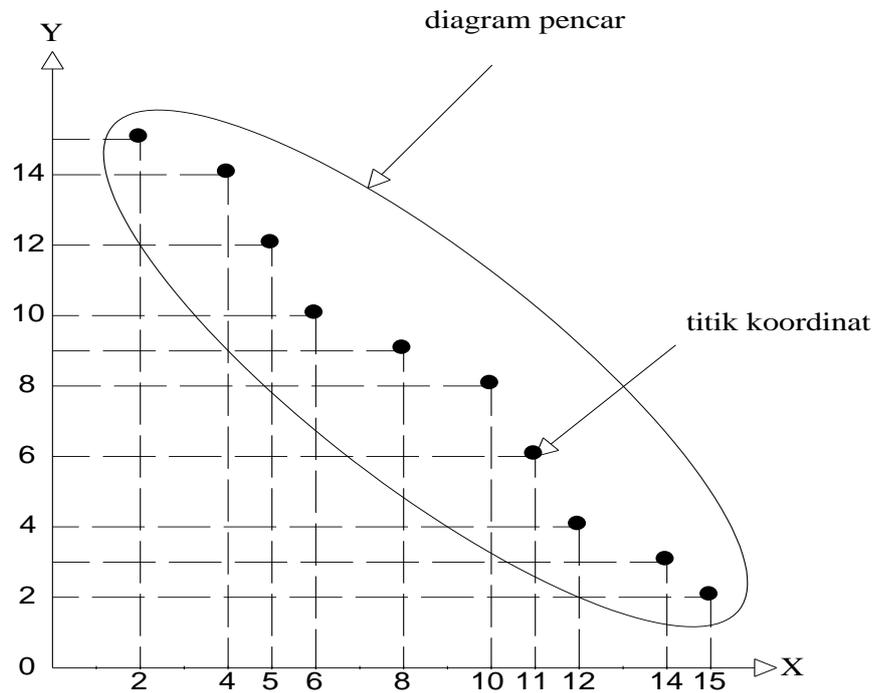
Analisis korelasi adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan kuatnya atau derajat hubungan linier antara dua variabel atau lebih.

Semakin nyata hubungan linier (garis lurus), maka semakin kuat tinggi hubungan garis lurus antara kedua variabel atau lebih. Hubungan garis lurus ini dinamakan koefisien korelasi. Korelasi menyatakan hubungan antara dua variabel tanpa memperhatikan variabel mana yang menjadi perubah. Karena itu hubungan korelasi belum dapat dikatakan sebagai hubungan sebab akibat. Untuk interpretasi koefisien nilai  $r$  pada korelasi dapat dilihat pada tabel 2.9

Hubungan dua variabel ada yang positif dan negatif. Hubungan  $X$  dan  $Y$  dikatakan positif apabila kenaikan (penurunan)  $X$  pada umumnya diikuti oleh kenaikan (penurunan)  $Y$ . Sebaliknya dikatakan negatif bila kenaikan (penurunan)  $X$ , pada umumnya diikuti oleh penurunan (kenaikan)  $Y$ . Hubungan positif dan negatif dapat dilihat pada gambar. 2.1 dan 2.2 berikut.

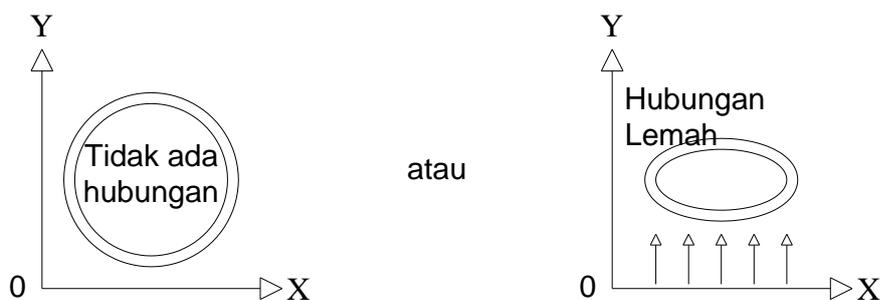


**Gambar 2.1**  $X$  dan  $Y$  mempunyai hubungan positif



**Gambar 2.2** X dan Y mempunyai hubungan negatif

Seperti yang terlihat pada gambar 2.1 dan 2.2 di atas apabila antara variabel X dan Y terdapat hubungan, maka bentuk diagram pancarnya adalah mulus/teratur, dimana menunjukkan gerakan diagram pancar dari kiri bawah ke kanan atas (hubungan positif), sedangkan bila gerakan diagram bergerak dari kiri atas ke kanan bawah (hubungan negatif). Apabila bentuk diagram pancarnya tidak teratur, artinya kenaikan/penurunan X tidak diikuti oleh naik turunnya Y, maka dapat dikatakan X dan Y tidak berkorelasi. Dengan kata lain, jika naik turunnya variabel X tidak mempengaruhi Y dikatakan X dan Y tidak ada hubungan atau hubungan lemah. Hubungan X dan Y tidak mempunyai hubungan dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut.



**Gambar 2.3** X dan Y tidak ada hubungan atau hubungan lemah sekali

Kuat tidaknya hubungan antara x dan y apabila dapat dinyatakan dengan fungsi linier, diukur dengan suatu nilai yang disebut koefisien korelasi. Nilai koefisien korelasi ini paling sedikit -1 dan paling besar 1. Jadi jika  $r =$  Koefisien korelasi, maka nilai r dinyatakan  $-1 \leq r \leq 1$  dimana jika  $r = 1$  hubungan X dan Y sempurna dan positif (mendekati 1, yaitu hubungan sangat kuat dan positif), sedangkan jika nilai  $r = -1$  hubungan X dan Y sempurna dan negatif (mendekati -1, yaitu hubungan sangat kuat dan negatif) . jika hubungan X dan Y = 0 dapat dinyatakan hubungan lemah sekali dan tidak ada hubungan.

**Tabel 2.9** Interpretasi Koefisien korelasi nilai r

<b>Interval Koefisien</b>	<b>Tingkat Hubungan</b>
0,800 – 1,000	Sangat Kuat
0,600 – 0,799	Kuat
0,400 – 0,599	Cukup Kuat
0,200 – 0,399	Lemah
0,000 – 0,199	Sangat Lemah

(Sumber : Statistika Teori dan Aplikasi Jilid 1, 2009)

Metode perhitungan korelasi dapat dilihat pada persamaan korelasi *product moment* berikut.

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

- rx<sub>y</sub> = Hubungan Variabel X dan Y
- X = Nilai Variabel X
- Y = Nilai Variabel Y

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh koefisien variabel X terhadap naik turunnya nilai Y dapat digunakan persamaan koefisien penentuan berikut.

$$KP = r^2 \dots\dots\dots(2.3)$$

**2.5.2 Metode Regresi**

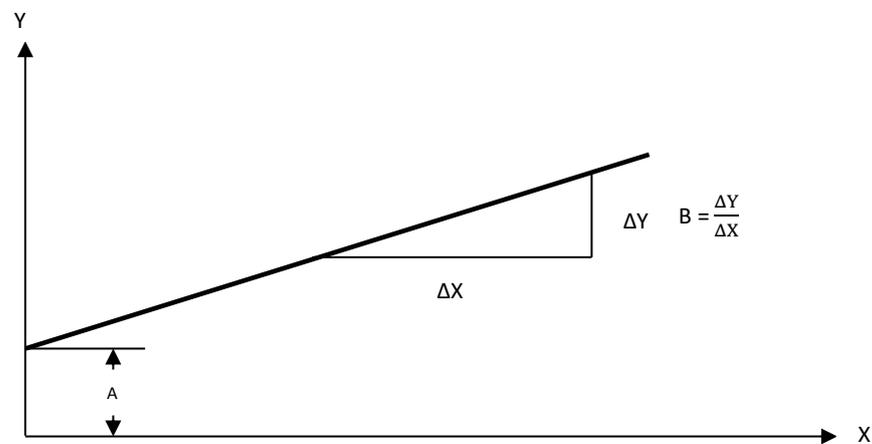
Regresi adalah pengukur hubungan dua variabel atau lebih yang dinyatakan dengan bentuk hubungan atau fungsi. Untuk menentukan bentuk hubungan

(regresi) diperlukan pemisahan yang tegas antara variabel bebas yang sering diberi simbol  $X$  dan variabel tak bebas dengan simbol  $Y$ . Untuk memperkirakan hubungan antara dua variabel tidak mungkin tanpa membuat asumsi terlebih dahulu mengenai bentuk hubungan yang dinyatakan dalam fungsi tertentu. Fungsi linier sering digunakan sebagai pendekatan (approximation) atas hubungan yang bukan linier (non linier). Bentuk persamaan dari fungsi linier dapat dilihat pada persamaan 2.4 berikut:

$$Y = A + BX \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana :

$A$  dan  $B$  = konstanta atau parameter yang nilainya harus diestimasi fungsi linier  $Y = A + BX$  diatas apabila digambarkan akan tampak seperti pada gambar 2.4 berikut.



**Gambar 2.4** Fungsi linier  $Y = A + BX$

Keterangan :

$A$  = jarak titik asal 0 dengan perpotongan antara sumbu tegak  $Y$  dan garis fungsi linier atau besarnya nilai  $Y$  kalau  $X = 0$ , (intercept coefficient).

$B$  = koefisien arah = koefisien regresi = besarnya pengaruh  $X$  terhadap  $Y$ , apabila  $X$  nilai 1 unit, (slope coefficient).

$\Delta X$  = pertambahan  $X$

$\Delta Y$  = pertambahan  $Y$

***R Square*** ( $R^2$ ) sering disebut dengan koefisien determinasi, adalah mengukur kebaikan suai (goodness of fit) dari persamaan regresi; yaitu memberikan proporsi atau persentase variasi total dalam variabel terikat yang dijelaskan oleh variabel bebas. Nilai  $R^2$  terletak antara 0 – 1, dan kecocokan model dikatakan lebih baik kalau  $R^2$  semakin mendekati 1.