

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air**

##### **2.1.1 Air**

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia. Untuk keperluan sehari-hari akan air, masyarakat sangat memerlukan air yang berkualitas untuk dikonsumsi. Agar air terjaga kualitasnya maka perlu dilakukan pengawasan kualitas air secara terus menerus dan cermat.

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak. (PERMENKES RI NO.416/MENKES/IX/1990). Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. (PERMENKES RI NO.492/MENKES/IX/2010).

##### **2.1.2 Sumber-sumber air**

Sumber-sumber air yang ada dipermukaan bumi yang digunakan untuk keperluan sehari-hari baik untuk minum, makan, dan sanitasi dapat diperoleh dari berbagai sumber sebagai berikut:

###### **a. Air Permukaan**

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi karena tidak dapat meresap ke dalam tanah akibat lapisan tanah yang padat dan tidak permeabel. Sebagian besar air ini akan berkumpul dan cenderung mengalir ke area yang lebih rendah. Air permukaan ini umumnya dikenal sebagai sungai. Air permukaan dibagi menjadi dua jenis, yaitu air sungai dan air danau.

#### b. Air Atmosfer

Air atmosfer adalah air yang berasal dari udara atau atmosfer dan jatuh ke permukaan bumi. Perlu dicatat bahwa komposisi air yang terdapat di atmosfer bumi hanya sekitar 0,001 persen dari total air di bumi. Berdasarkan bentuknya, air atmosfer dibagi menjadi air hujan dan salju.

#### c. Air Tanah

Air tanah adalah semua jenis air yang terletak di bawah lapisan tanah dan menyumbang sekitar 0,6 persen dari total air di Bumi. Jumlah air tanah lebih besar daripada jumlah gabungan air di sungai, danau, dan atmosfer. Air tanah sendiri dibagi menjadi dua kategori, yaitu air tanah dangkal dan air tanah dalam. Secara umum, orang lebih sering menggunakan air tanah dangkal dengan menggali sumur pada kedalaman tertentu untuk kebutuhan sehari-hari (Ibrahim Marasabessy, dkk., 2023).

### **2.1.3 Syarat-syarat air bersih**

Menurut Winarsih (2005), air bersih yang akan digunakan sebagai air minum harus memenuhi beberapa persyaratan fisik, kimia, dan bakteriologis sebagai berikut:

- a. Persyaratan fisik meliputi air yang tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau, jernih, dan memiliki suhu yang lebih rendah dari suhu udara sehingga nyaman untuk dikonsumsi.
- b. Persyaratan kimia meliputi pH netral, kandungan mineral yang terbatas, dan bebas dari zat kimia atau mineral berbahaya seperti  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$ .
- c. Persyaratan bakteriologis mensyaratkan bahwa air tidak mengandung bakteri penyebab penyakit (patogen) melebihi batas yang diperbolehkan, misalnya bakteri *E. coli* yang dapat menyebabkan diare.

#### **2.1.4 Pencemar**

Pencemaran air merupakan suatu kondisi dimana air tercemar oleh komponen-komponen yang dapat menyebabkan kualitas air turun sehingga menjadi air tidak fungsional. Pencemaran air terjadi pada sumber-sumber air seperti danau, sungai, laut dan air tanah yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Air dikatakan tercemar jika tidak dapat digunakan sesuai dengan fungsinya. (Afif Farhan, dkk., 2023).

Menurut PP 82 Tahun 2001, pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga menyebabkan kualitas air menurun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan tidak lagi berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Faktor pencemaran tersebut dapat disebabkan oleh aktivitas manusia maupun oleh kondisi lingkungan sekitar. Zat-zat pencemar ini dapat mempengaruhi kualitas air dan membahayakan kesehatan tubuh. Beberapa zat pencemar diantaranya sedimen, garam, dan logam yang toksik. (Wayan, 2015; Nurmeily Rachmawati, 2020).

Kebutuhan akan air bersih diperoleh dengan memanfaatkan sumber-sumber air yang ada. Sumber yang banyak digunakan oleh manusia yaitu air permukaan dan air tanah. Namun, seiring bertambahnya penduduk dan pesatnya pembangunan membuat masalah pencemaran lingkungan. Salah satu zat logam pencemar berbahaya yang terkandung didalam air yaitu Fe (besi). (Nurmeily Rachmawati, 2020).

#### **2.1.5 Fe (besi)**

Ion Fe (II) adalah logam yang termasuk dalam kelompok VIII.B dan terdapat di bumi. Kehadiran ion Fe (II) dapat menyebabkan air berubah warna menjadi kuning kecokelatan dan setelah terpapar udara dalam waktu tertentu, dapat menimbulkan bau

yang tidak sedap, noda kuning pada pakaian, serta masalah kesehatan atau gangguan pada manusia yang mengonsumsinya secara teratur. (Farizan, 2018; Fitria Fatma, dkk., 2022).

Kelebihan zat besi (Fe) dalam tubuh manusia dapat menyebabkan kerusakan pada organ vital seperti pankreas, otot jantung, dan ginjal. Air yang mengandung zat besi (Fe) sangat tidak disarankan untuk penggunaan rumah tangga, karena dapat meninggalkan noda karat pada pakaian, porselen, dan benda-benda lain, serta menyebabkan rasa tidak enak pada air minum. (Suharno, 2018; Fitria Fatma, dkk., 2018).

#### **2.1.6 Cara Penurunan Kadar Fe Pada Air**

Untuk dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih perlu dilakukan proses fisika untuk mengurangi zat kontaminan pada sumber air tersebut. Beberapa cara penurunan kadar Fe pada air sebagai berikut:

##### **a. Aerasi**

Aerasi adalah proses pengolahan air dengan cara mengontakkannya dengan udara. Metode ini sering digunakan untuk mengolah air yang memiliki kandungan besi (Fe) yang terlalu tinggi, dengan tujuan mengurangi konsentrasi zat padat terlarut. Dalam proses aerasi, oksigen dari udara bereaksi dengan senyawa ferus dan manganus yang terlarut, mengubahnya menjadi bentuk ferric (Fe) yang tidak larut. Peralatan yang digunakan dalam aerasi umumnya mencakup aerator, bak pengendap, dan filter atau penyaring. Aerator berfungsi untuk menghubungkan oksigen dari udara dengan air, sehingga zat besi atau mangan dalam air baku dapat bereaksi dengan oksigen dan membentuk

senyawa ferrik (Fe) yang relatif tidak larut dalam air. (Eko Riyanto, dkk., 2021).

b. Filtrasi

Proses filtrasi adalah metode yang digunakan untuk menghilangkan partikel padat terlarut dalam air, yang biasanya diukur berdasarkan tingkat kekeruhan, menggunakan media poros. Dalam proses ini, partikel-partikel dibawa dan terjebak dalam pori-pori media filter, menyebabkan partikel-partikel tersebut menumpuk di permukaan butiran media. Filtrasi tetap menjadi salah satu teknologi dasar yang penting dalam pengolahan air. Proses ini berfungsi sebagai pemisahan antara partikel padat atau koloid dan cairan (Istikasari, 2021).

Air yang akan disaring biasanya terdiri dari cairan yang mengandung partikel halus atau zat terlarut yang dapat membentuk endapan. Zat-zat ini dapat dihilangkan dari cairan melalui proses filtrasi. Jika air yang akan disaring mengandung padatan dengan ukuran seragam, filter media tunggal adalah yang paling cocok. Namun, jika air yang akan diolah mengandung padatan dengan ukuran yang berbeda-beda, filter media ganda atau tiga media harus digunakan untuk penyaringan yang lebih efektif (Istikasari, 2021).

c. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses akumulasi molekul adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan karena adanya gaya tarik menarik antara permukaan adsorben dengan molekul adsorbat. (Widyasari, dkk., 2021; Matius Stefanus, dkk., 2021).

Adsorpsi adalah proses penyerapan atau pengayaan (enrichment) suatu komponen dari campuran gas atau cairan di daerah antarfase, di mana komponen yang akan dipisahkan ditarik oleh permukaan suatu zat padat. Bahan penyerap adalah zat padat, dan penyerapan hanya terjadi di permukaan bahan penyerap tersebut. Dalam adsorpsi, komponen yang diserap berada di area antarmuka tanpa menembus fase zat padat. Komponen yang teradsorpsi disebut adsorbat, sedangkan permukaan tempat penyerapan terjadi disebut adsorben (substrat). Adsorpsi dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan mekanisme penyerapannya, yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia (Muhammad Arief et al., 2017).

#### 1) Adsorpsi Fisik

Adsorpsi fisik bersifat reversibel dan terjadi dengan cepat dengan penyerapan panas yang rendah. Interaksi yang terjadi terutama berupa gaya van der Waals, yang umum terjadi dalam semua proses adsorpsi fisik. Proses ini biasanya terjadi pada suhu rendah.

#### 2) Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia melibatkan reaksi kimia antara adsorbat dan adsorben, sehingga memerlukan energi aktivasi. Panas adsorpsi dalam adsorpsi kimia relatif tinggi karena pembentukan ikatan kimia. Waktu adsorpsi lebih lama dibandingkan adsorpsi fisik, dan proses regenerasi adsorben dalam adsorpsi kimia cenderung lebih sulit.

Mekanisme Adsorpsi:

Proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul

meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika. Proses adsorpsi tergantung pada sifat zat padat yang mengadsorpsi, sifat atom/molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan lain-lain.

Proses adsorpsi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

- 1) Proses adsorpsi dilakukan dalam tangki dengan sistem pengaduk, di mana adsorben, yang biasanya berbentuk bubuk, ditambahkan, dicampur, dan diaduk dengan air dalam struktur sehingga terjadi tolak-menolak antara partikel adsorben dan fluida.
- 2) Proses adsorpsi dilakukan dalam wadah dengan sistem filtrasi, di mana air dialirkan melalui wadah yang mengandung medium adsorben menggunakan model aliran gravitasi. Medium adsorben sering digunakan dalam bentuk potongan atau butiran, dan proses adsorpsi biasanya terjadi saat air berada dalam medium adsorben. (Muhammad Arief, dkk., 2017)

Faktor-faktor yang mempengaruhi meliputi pengadukan, karakteristik adsorben (karbon aktif), kelarutan adsorbat, ukuran molekul adsorbat, pH, dan suhu. Adsorpsi isoterma menunjukkan jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben pada suhu konstan. Proses adsorpsi terjadi di batas dua fase, misalnya fase cair dan fase padat. Kurva isoterma untuk adsorpsi logam dalam sistem cair-padat didasarkan pada pengukuran konsentrasi logam dalam fase cair pada keseimbangan (Muhammad Arief, dkk., 2017).

Ada berbagai metode yang sudah digunakan dalam mendegradasi kandungan logam berat di dalam perairan. Metode kimiawi salah satu yang paling banyak digunakan oleh industry dalam mengolah limbahnya. Metode kimiawi seperti biosorpsi,

koagulasi, presipitasi, pemisahan membran, pertukaran ion, elektrokoagulasi, elektrolisis, oksidasi dan beberapa teknik biologis lainnya.

Bahan yang dijadikan adsorben adalah bahan yang berpori karena proses adsorpsi akan berlangsung pada dinding pori. Adsorben murni memiliki kemampuan serap yang lebih baik. Selain itu, luas permukaan dan volume pori adalah parameter penting dalam menentukan kualitas bahan adsorben, karena semakin lebar permukaan adsorben maka volume pori semakin meningkat jumlah molekul adsorbat. (Azizah, dkk., (2019); Abdi, dkk., (2015); Devi Yanti, (2024)).

Penelitian ini menggunakan adsorben berupa sabut dari limbah dari kulit pinang. Proses adsorpsi dimulai ketika massa cairan berpindah ke permukaan butir. Selanjutnya, terjadi pertukaran dari permukaan butir menuju bagian dalam butir melalui pori-pori. Massa cairan dalam pori berpindah ke dinding pori, dan proses adsorpsi terjadi (Devi Yanti, 2024).

### **2.1.7 Inovasi Penurunan Kadar Fe**

Menurut penelitian terbaru, beberapa metode telah dikembangkan untuk mengolah air menggunakan bahan-bahan yang lebih efisien, ekonomis, dan praktis, yang menunjukkan potensi dalam mengatasi masalah kadar besi yang tinggi dalam air.

Ada beberapa cara untuk menghilangkan besi dari air, termasuk filtrasi, oksidasi aerasi, koagulasi, elektrolisis, pertukaran ion, proses soda kapur, pengolahan dengan bakteri besi, adsorben, dan metode lain.

Adsorbent yang umum digunakan dalam penyaringan air adalah zeolit, mangan hijau, dan karbon aktif. Zeolit digunakan untuk pengempukan air, pertukaran kation, dan netralisasi pH dalam air. Mangan hijau adalah mineral yang mampu bertukar elektron,

sehingga mengoksidasi besi atau mangan yang terlarut dalam air menjadi bentuk yang tidak larut yang dapat dipisahkan melalui penyaringan. (Said sanimubarak, dkk., 2022).

## **2.2 Media Adsorpsi**

### **2.2.1 Pinang**

Pinang adalah tanaman dari famili *Arecaceae*, yang dikenal dengan nama ilmiah *Areca catechu L.* Tanaman ini dapat tumbuh setinggi 15-20 m dengan batang yang menjulang lurus mempunyai diameter sekitar 15 cm. Di Indonesia, pada dataran rendah maupun dataran tinggi buah pinang sudah banyak tersebar, memiliki kulit berserabut yang berubah menjadi merah-oranye saat matang.

Salah satu varietas buah pinang yang diperdagangkan untuk ekspor di Provinsi Jambi adalah buah pinang betara (*Areca catechu var betara*). Kacang pinang betara memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan kacang pinang biasa, dengan panjang rata-rata 4,22-5,6 cm, berat rata-rata 47,06 gram, rata-rata 131 butir per tandan, dan berat biji rata-rata 8,68 gram (PERMENTAN, 2014).

Secara umum, tanaman pinang ditanam dan dibudidayakan oleh masyarakat. Tanaman ini memiliki daun majemuk menyirip yang tumbuh bersamaan di ujung batang untuk membentuk roset, dengan pelepah daun berbentuk tabung sepanjang 80 cm dan tangkai daun yang pendek. (Sari, 2019; Hulwah Nadhila, 2021).

Sebagian besar orang hanya menggunakan biji buah pinang sebagai pewarna kain dan bahan makanan, seperti dalam campuran buah pinang dan upacara tradisional. Setelah biji dibuang, cangkang buah pinang dibuang tanpa diolah lebih lanjut, menambah produksi limbah yang sudah ada. Sementara itu, sebagian orang

membakar cangkang buah pinang, yang menyebabkan polusi yang dapat mencemari lingkungan. (Rosalina dan Febriadi, 2019; Hulwah Nadhila, 2021).

Penggunaan buah pinang biasanya menghasilkan limbah berupa sabut, yang dapat mencemari lingkungan karena jumlahnya yang melimpah dan sering kali terbang sia-sia. Saat ini, pengolahan sabut pinang baru dimanfaatkan di industri, terutama sebagai bahan baku untuk pembuatan kuas gambar atau kuas alis mata. Dengan demikian, pemanfaatan sabut pinang masih belum optimal (Matius Stefanus, 2022). Maka dari itu, penelitian ini mencoba memanfaatkan limbah kulit pinang sebagai adsorben penurunan kadar Fe pada air.



**Gambar 2.1 Pinang**

### **2.2.2 Kandungan Pinang**

Tanaman pinang memiliki beberapa bagian, yaitu akar, batang, daun, buah, bunga, biji, dan daun muda. Setiap bagian berisi komponen kimia spesifik dan manfaat tertentu.

Kulit buah pinang mengandung senyawa polifenol, termasuk flavonoid, yang memiliki potensi antioksidan. Sementara itu, kulit buah pinang mengandung hemiselulosa (35-64,8%), lignin (13-26%), serta pektin dan protopektin. (Naveenkumar dan Thippeswamy, 2013; Khoirun Nisa, 2019). Hasil analisis proksimat kandungan

nutrisi dan energi metabolizable dari limbah kulit buah pinang adalah: 65,41% air, 34,59% bahan kering, 2,22% protein, 0,15% lemak, 47,02% serat kasar, 0,28% Ca, 0,36% P, dan energi metabolizable sebesar 2.495 kcal/kg. (Laboratorium Non-Ruminan, Fakultas Ilmu Peternakan, UNAND, 2018; Khoirun Nisa, 2019).

Selulosa adalah polimer alami yang paling melimpah, biokompatibel, dan ramah lingkungan karena mudah terurai, tidak beracun, dan dapat diperbarui. Selulosa adalah polimer hidrofilik yang mengandung tiga kelompok hidroksil reaktif per unit hidroglikosa, terdiri dari ribuan unit anhidroglikosa yang terhubung melalui ikatan 1,4- $\beta$ -glukosida untuk membentuk molekul rantai panjang dan linear (Mulyadi, 2019; Hulwah, 2021).

Serat buah pinang kering umumnya mengandung sekitar 30-45% selulosa dari berat keringnya.

Berdasarkan Derajat Polimerisasi (DP) dan kelarutan dalam larutan natrium hidroksida (NaOH) 17,5%, selulosa dapat dibagi menjadi tiga jenis (Nuringtyas, 2010; HULWAH, 2021), yaitu:

- 1) 1)  $\alpha$  - Selulosa (Alpha Selulosa) adalah selulosa rantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP (Degree of Polymerization) 600–15.000.  $\alpha$  - selulosa digunakan sebagai indikator dan/atau ukuran kemurnian selulosa. Semakin tinggi kandungan alpha selulosa, semakin baik kualitas bahan.
- 2) 2)  $\beta$ -Selulosa (Beta Selulosa) adalah selulosa rantai pendek yang larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan derajat polimerisasi (DP) 15–90 dan dapat mengendap saat dinetralkan.

- 3) 3) Gamma Cellulose ( $\gamma$ -Cellulose) adalah selulosa rantai pendek yang larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan derajat polimerisasi (DP) <15. Selulosa ini, memiliki struktur yang tidak teratur dan kristalin, memiliki gugus hidroksil yang lebih tersedia sehingga dapat mengikat air dengan baik.

Sifat fisik dan kimia selulosa adalah senyawa serat, memiliki kekuatan tarik yang tinggi, dan tidak larut dalam air dan pelarut organik. Selulosa memiliki struktur rantai linear, sehingga kristal selulosa stabil. Bahan berbasis selulosa sering digunakan karena memiliki sifat mekanik yang baik, seperti kekuatan tinggi dan modulus tarik, kemurnian tinggi, kapasitas ikatan air yang tinggi, dan struktur jaringan yang sangat baik. (Siagian, dkk., 2019; Hulwah, 2021).

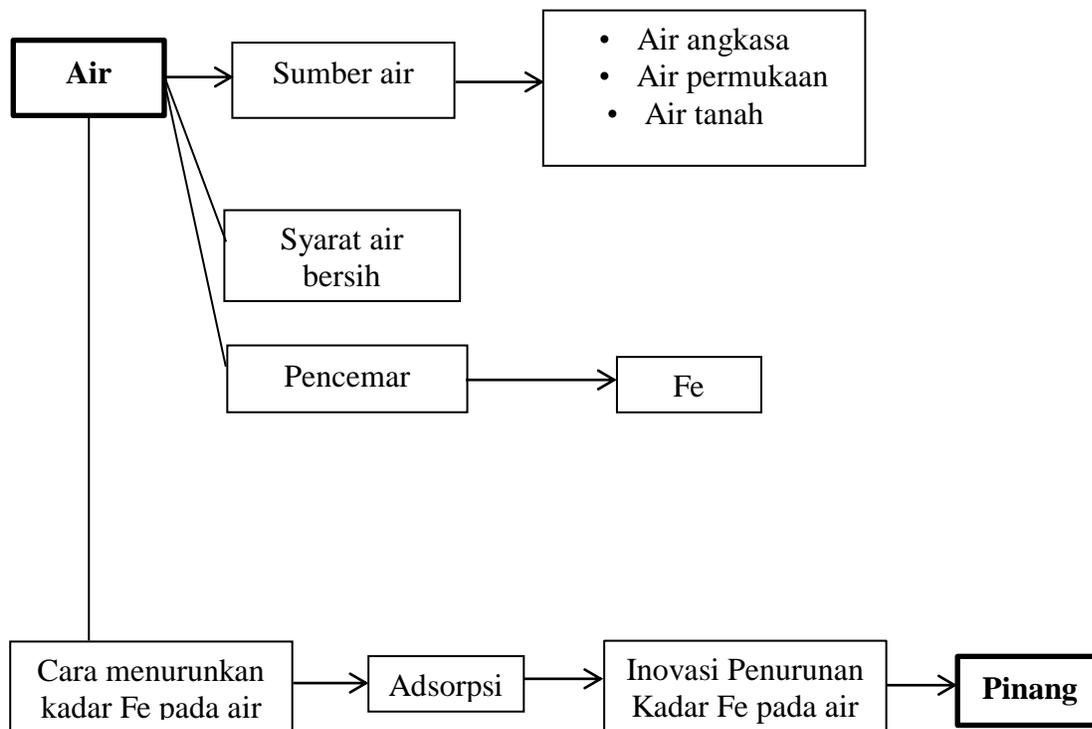
### **2.2.3 Manfaat Pinang**

Tanaman buah pinang memiliki berbagai manfaat. Daunnya mengandung minyak esensial yang dapat digunakan untuk mengobati sakit tenggorokan dan juga berfungsi sebagai bahan atap. Daun pinang digunakan sebagai pembungkus makanan untuk menggantikan styrofoam, sementara batangnya digunakan sebagai bahan bangunan. Biji buah pinang dapat digunakan sebagai makanan dan pewarna kain, serta mengandung tanin dan alkaloid yang berfungsi sebagai obat dan agen pengawet kulit dalam industri kulit. Serat buah aren digunakan untuk mengobati masalah pencernaan, sembelit, dermatitis, dan beri-beri. Kulit buah aren dapat digunakan sebagai bahan bakar, meskipun dapat menghasilkan polusi yang mencemari lingkungan. Selain itu, kulit buah aren juga dapat digunakan sebagai bahan baku untuk membuat bioplastik, karbon aktif, dan kertas, berkat kandungan selulosa yang dimilikinya.

Sifat fisik dan kimia selulosa meliputi bentuk seratnya, kekuatan tarik yang tinggi, dan ketidaklarutannya dalam air dan pelarut organik. Selulosa memiliki struktur rantai linear, yang menyebabkan kristalnya stabil. Bahan berbasis selulosa sering digunakan karena memiliki sifat mekanik yang baik, seperti kekuatan tinggi dan modulus elastisitas, kemurnian tinggi, kapasitas pengikatan air yang baik, dan struktur jaringan yang sangat optimal. (Siagian, 2019; Hulwah, 2021).

Tanaman buah pinang efektif dalam menyerap logam berat seperti Fe, Cd<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, dan Pb<sup>2+</sup>. Proses karbonisasi kulit buah pinang telah terbukti efektif dalam mengurangi konsentrasi TDS, bau, warna, pH, serta kadar Fe, Pb, dan mikroba. (Said Sanimubarak, dkk., 2022).

### 2.3 Kerangka Teori



**Gambar 2.2 Kerangka Teori**