

SKRIPSI

**Analisis Ukuran Kristal Fe_3O_4 dan Pengaruhnya Terhadap Kemampuan
Mengadsorpsi Limbah Pestisida**

NURKHAERATI AMIR

H021 19 1066



DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS UKURAN KRISTAL Fe_3O_4 DAN PENGARUHNYA
TERHADAP KEMAMPUAN MENGADSORBSI LIMBAH PESTISIDA

Disusun dan diajukan oleh:

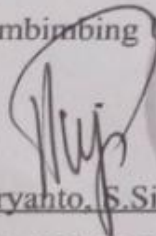
NURKHAERATI AMIR

H021191066

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal 10 Agustus 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

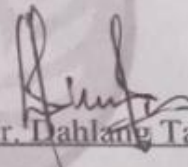
Pembimbing Utama,



Heryanto, S.Si, M.Si

NIP. 199111292020053001

Pembimbing Pertama,



Prof. Dr. Dahlan Tahir, M.Si

NIP. 197509072000031006

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Arifin, M.T.

NIP. 196705201994031002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurkhaerati Amir
NIM : H021191066
Program Studi : Fisika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

Analisis Ukuran Kristal Fe_3O_4 dan Pengaruhnya Terhadap Kemampuan Mengadsorpsi Limbah Pestisida

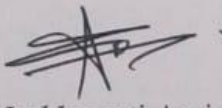
Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 15 Agustus 2022

Yang Menyatakan,




Nurkhaerati Amir

ABSTRAK

Nanokomposit Fe_3O_4 /Karbon Aktif disintesis dengan variasi larutan 1 mol (150 ml) HCl, NaCl, dan NaOH, menggunakan metode *mechanical alloying* untuk diaplikasikan sebagai absorber limbah Pestisida. Sample dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Fourier Transform Infrared (FTIR)*, dan *UV-Visible (UV-Vis)*. Analisis kuantitatif spektrum *XRD* menunjukkan ukuran kristal terkecil (20,40 nm) pada variasi larutan NaCl/netral sedangkan pada variasi larutan HCl/asam (25,71 nm), dan larutan NaOH/basa (27,83 nm). Hasil analisis spektrum *FTIR* menunjukkan vibrasi dari ikatan Fe-O pada bilangan gelombang 560 cm^{-1} . Presentase degradasi terbaik ditunjukkan oleh nanokomposit dengan variasi larutan NaCl mencapai 96% dalam waktu 15 menit dengan energi *gap* 2,302 eV. Berdasarkan hasil ini, didapatkan korelasi terbaik dari nanokomposit Fe_3O_4 /Karbon Aktif menunjukkan potensi sebagai absorber limbah pestisida karena ukuran kristal dan kemampuan mendegradasi limbah pestisida yang menjanjikan.

Kata kunci: Fotokatalis, Mechanical Alloying, Limbah Pestisida. Komposit Fe_3O_4 /Karbon Aktif

ABSTRACT

Fe_3O_4 /Activated Carbon nanocomposite was synthesized with a variation of 1 mol (150 ml) HCl, NaCl, and NaOH solution, using mechanical alloying method to be applied as an absorber for Pesticide waste. Samples were characterized using X-Ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infrared (FTIR), and UV-Visible (UV-Vis). Quantitative analysis of the XRD spectrum showed the smallest crystal size (20.40 nm) at the variation of the NaCl/neutral solvent while at the variation HCl/acid solvent (25.71 nm), and the NaOH/base solvent (27.83). The results of the FTIR spectral analysis showed the vibration of the Fe-O bond at a wave number of 560 cm^{-1} . The best percentage of degradation was shown by nanocomposites with variations in NaCl solvent reaching 96% within 15 minutes with an energy gap of 2,302 eV. Based on these results, it was found that the best correlation of Fe_3O_4 /Activated Carbon nanocomposite showed potential as an absorber of pesticide waste because of its crystal size and ability to degrade pesticide waste.

Keywords: *Photocatalyst, Mechanical Alloying, Pesticide Waste. Fe_3O_4 /Activated Carbon Composite.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkah, rahmat dan karunia-Nya. Shalawat serta salam penulis panjatkan kepada sebaik-baik panutan, Rasulullah Muhammad SAW. Alhamdulillah rabbil'alamin, penulis telah diberikan kesempatan dan kesehatan sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “**Analisis Ukuran Kristal Fe₃O₄ dan Pengaruhnya Terhadap Kemampuan Mengadsorpsi Limbah Pestisida**” yang merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Sains di Departemen Fisika Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Dalam penyelesaian skripsi penulis telah mengalami berbagai hambatan dari tahap awal penelitian sampai akhir penyusunan skripsi. Oleh karena itu, penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Namun, atas kehendak-Nya dan dukungan dari banyak pihak yang sangat berarti sehingga penulis termotivasi dan semangat untuk menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orangtua tercinta, Ayahanda **Muh. Amir Haliming, S.Pd** dan Ibunda **Hj. Nurlaila Razak** yang selalu mendoakan, memberi semangat, kasih sayang, dan nasehat baik secara moral maupun material kepada penulis. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kesehatan, keberkahan, dan meridhai penulis untuk selalu membahagiakan dan membanggakan beliau.
2. **Bapak Heryanto, S.Si, M.Si** selaku Dosen Pembimbing Utama dan **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si** selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah banyak membimbing dan meluangkan waktu, tenaga, serta pemikirannya untuk penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Semoga Bapak dan Prof selalu diberi kesehatan oleh Allah SWT.
3. **Ibunda Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc** selaku Dosen Penguji Pertama dan **Bapak Azwar Sutiono, S.Si, M.Si** selaku Dosen Penguji Kedua yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan saran, diskusi, dan ilmu

untuk menjadikan skripsi ini lebih baik. Semoga Ibu dan Bapak selalu diberi kesehatan oleh Allah SWT.

4. **Prof. Dr. Arifin, M.T**, selaku Ketua Departemen Fisika serta **Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Departemen Fisika Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin**, terimakasih Bapak/Ibu telah senantiasa memberikan ilmu yang bermanfaat dan menjadi bekal untuk masa depan penulis.
5. Ibu/ Bapak **staff Pegawai FMIPA UNHAS**, terutama **Staf Departemen Fisika: Ibu Rana, Pak Syukur, dan Ibu Evi** yang selalu membantu penulis selama proses administrasi di kampus.
6. Kakak-kakakku **dr. Ahmad Ramdhani Amir, Arief Ashari Amir, S.H,** dan **Asman Amir, SH** yang selalu memberikan bantuan selama proses perkuliahan baik secara materil maupun moril. Semoga selalu diberi kesehatan dan kemudahan oleh Allah SWT.
7. Teman-teman PDPA (**Rifqah** dan **Faradiba**) serta **kakak-kakak lab material** yang selalu memberikan bantuan selama proses penelitian & pengolahan data tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
8. Sahabat terbaikku **Andi Fitriani, Salsabila, Mutiara, Widya, Ririn, Gisela, dan Jasmine** selalu membantu dalam kebaikan dan menemani untuk berada dititik yang lebih baik.
9. Semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Harapan dari penulis hasil penelitian yang telah dilakukan semoga dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Penulis memohon maaf atas segala kekurangan yang terdapat dalam skripsi. Semoga ilmu yang diperoleh menjadi berkah

Makassar, 15 Agustus 2022

Nurkhaerati Amir

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Pasir Besi (Fe_3O_4).....	4
II.2 Karbon Aktif (AC).....	5
II.3 <i>Mechanical Alloying</i>	6
II.4 Fotokatalis.....	6
BAB III. METODE PENELITIAN.....	8
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	8
III.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	8
III.3 Prosedur Penelitian.....	9
III.4 Karakterisasi.....	10
III.5 Bagan Alir Penelitian.....	12
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	13
IV.1 Analisis XRD	13
IV.2 Analisis FTIR.....	15

IV.1 Analisis <i>Band Gap</i>	16
IV.1 Analisis Fotokatalisis Komposit Fe ₃ O ₄ /Karbon Aktif untuk Mengadsorbpsi Limbah Pestisida	17
BAB IV. PENUTUP.....	19
V.1 Kesimpulan	19
V.2 Saran.....	19
DAFTAR PUSTAKA.....	20
LAMPIRAN	26
Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian.....	26
Lampiran 2. Analisis Data	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Fotokatalis.

Gambar 4.1 (a) Kurva XRD untuk komposit Fe₃O₄/AC (1,6 gram) dengan variasi pelarut HCl, NaCl, dan NaOH. (b) Perbesaran kurva untuk komposit Fe₃O₄/AC dengan variasi pelarut HCl, NaCl, dan NaOH.

Gambar 4.2 Spektrum FTIR untuk komposit Fe₃O₄/AC (1,6 gram) dengan variasi larutan HCl, NaCl, dan NaOH.

Gambar 4.3. Energi *Band gap* komposisi Fe₃O₄/KA dengan variasi pelarut HCl, NaCl, dan NaOH

Gambar 4.4 Persentase degradasi nanokomposit Fe₃O₄/KA untuk menyerap limbah pestisida.

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1. Variasi pH , Rata-rata Ukuran Kristal (nm), energi *band gap* (eV) dari analisis kuantitatif Spektrum XRD komposit Fe₃O₄/AC.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian

Lampiran 2. Analisis Data

BAB 1 PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pencemaran lingkungan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas kehidupan makhluk hidup sehingga menjadi persoalan global yang tak terpisahkan dari kehidupan manusia. Pencemaran lingkungan seharusnya tidak hanya dipandang dari segi kepentingan manusia semata, namun juga difokuskan pada menurunnya kualitas dan daya dukung bagi hewan, tumbuhan ataupun mikroba yang pada akhirnya mempengaruhi kehidupan manusia [13].

Pencemaran air sangat berbahaya bagi lingkungan karena kandungan dari air yang beracun seperti pupuk, pelarut terklorinisasi, dan pewarna yang sebagian besar sulit terurai [13]. Konsentrasi limbah air yang tinggi dapat merusak keseimbangan ekosistem, memicu gangguan kesehatan pada manusia seperti mual, muntah, anemia dan hipertensi [1]. Untuk itu, dibutuhkan material yang sesuai untuk menangani permasalahan tersebut.

Banyak metode digunakan dalam menangani limbah air misalnya fotokatalis. Fotokatalis dipilih menjadi teknik yang disukai karena ramah lingkungan, toksisitas rendah, biaya rendah, dan hemat energi, selain itu juga cukup menggunakan energi matahari untuk mengadsorbpsi limbah air khususnya melalui reaksi oksidasi reduksi [6]. Sampai saat ini, umumnya bahan penyerap limbah merupakan kombinasi dari bahan seperti *carbon*, *ceramics*, *conducting polymer*, *magnetic loss material* seperti ferrite, dan juga *metallic alloys* [17]. Sehingga diperlukan bahan penyerap limbah yang tepat guna.

Penelitian bahan baru untuk mengatasi masalah interferensi limbah telah banyak diteliti [1-3]. dilaporkan bahwa bahan penyerap limbah telah menjadi perhatian khusus dikarenakan fungsinya yang dapat diterapkan pada banyak bidang [12]. Material *magnetic loss* seperti ferrites (Fe_2O_3 , Fe_2B dan Fe_3O_4) yang juga memiliki daya serap yang tinggi, telah menarik perhatian para peneliti di dunia [16–19]. Sebagai salah satu bahan ferrit yang paling umum adalah Fe_3O_4 , memiliki keuntungan mulai dari tahap persiapan yang sederhana, sumber yang melimpah, dan biaya rendah. [44]. Berdasarkan informasi diatas, maka fokus

penelitian ini adalah memanfaatkan bahan alam pasir besi (Fe_3O_4) sebagai sumber pembuatan material penyerap limbah. Besi merupakan salah satu jenis logam yang paling banyak digunakan sebagai alat penunjang kehidupan kita sehari-hari. Jenis besi ionik termasuk FeO , Fe_2O_3 , dan Fe_3O_4 . Besi memiliki sifat berbeda yang digunakan untuk berbagai aplikasi. Beberapa potensi Fe_3O_4 antara lain sebagai atau komposit untuk bahan penyerap [7,8]. Pembuatan dan peningkatan kualitas penyerap limbah, Fe_3O_4 disiapkan dengan metode *milling* dengan bahan metal lainnya. Beberapa referensi lainnya melaporkan sintesis Fe_3O_4 dari pasir besi menggunakan metode *mechanical alloying* [11], *co-precipitation* [12], *sonochemical methods* [13], dan *gamma irradiation*. Studi yang dilaporkan dalam Ref. [12], menunjukkan karakterisasi fasa, dan sifat magnetik yang dibuat dengan pencampuran dalam keadaan sample yang basah menggunakan pelarut [13,15].

Pelarut HCl dan NH_4OH dalam Ref. [17] digunakan sebagai pensintesis magnetit yang mempengaruhi penurunan kristalinitas dan ukuran partikel dan hanya HCl sebagai pelarut yang dilaporkan dalam Ref. [18–20] dan menunjukkan pembentukan fase tunggal magnetit. Pengaruh kation logam berat divalen terhadap fasa magnetit dalam Ref. [21] dan magnetit/silika nanokomposit dan untuk kombinasi pelarut seperti: HCl diikuti oleh NaCl. Pelarut yang digunakan untuk sintesis magnetit dari pasir besi Fe_3O_4 dilaporkan menggunakan berbagai pelarut: larutan asam (HCl), basa (NaOH), dan garam (NaCl). Oleh karena itu, dalam penelitian ini, kami menggunakan tiga jenis pelarut individu adalah HCl, NaCl, dan NaOH dalam sintesis. Efek dari berbagai pelarut dalam magnetit disintesis dari Pasir besi untuk sifat struktural dan optik belum diselidiki secara memadai.

Bahan karbon, yang merupakan bahan non-logam penting, memiliki keunggulan. stabilitas kimia, luas permukaan spesifik yang besar, kekuatan mekanik yang tinggi, dan rendah densitas [7-12]. Material ini telah diterapkan di berbagai bidang, termasuk kedirgantaraan, baterai, katalisis, dan energi baru, terutama dalam bahan penyerap limbah [13-23]. Banyak penelitian telah melaporkan bahwa *impedance matching effect* dapat ditingkatkan dengan menggabungkan bahan magnet dengan bahan karbon [2]

Kemajuan pada penelitian ini akan diteliti dan diperoleh material terbarukan yang dapat digunakan sebagai penyerap limbah yang dapat digunakan dalam berbagai industri. Material yang digunakan berupa serbuk besi Fe_3O_4 dengan variasi HCl, NaCl, dan NaOH masing-masing 10ml setiap sampelnya. Material akan disintesis menggunakan metode *mechanical alloying* dan dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui struktur kristalnya, sifat optik dari analisis kuantitatif spektrum menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), pengamatan morfologi menggunakan SEM, karena sifat dari material Fe_3O_4 , antimikroba [9], maupun parameter pH untuk pemberantasan tumor yang dipandu pencitraan dengan terapi foto-termal [5], sebagai agen kontras untuk pencitraan resonansi magnetik [6] hal ini sangat menjajikan akan keberhasilan penelitian ini.

1.1 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sifat struktur dan sifat optik Fe_3O_4 dengan variasi larutan HCl, NaCl, dan NaOH terhadap kinerjanya dalam mengadsorbpsi limbah pestisida?
2. Bagaimana pengaruh variasi larutan HCl, NaCl, dan NaOH terhadap kinerjanya bersama Fe_3O_4 dalam mengadsorbpsi limbah pestisida?

1.2 Tujuan

Tujuan khusus yang melatarbelakangi penelitian ini adalah:

1. Menganalisis sifat struktur dan sifat optik material Fe_3O_4 dengan metode *mechanical alloying*.
2. Menganalisis pengaruh variasi larutan HCl, NaCl, dan NaOH terhadap komposit Fe_3O_4 /KA untuk mengurai limbah cair (pestisida).

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Pasir Besi (Fe_3O_4)

Indonesia memiliki sumber daya alam mineral yang tersebar di berbagai daerah dengan jumlah yang cukup besar seperti batu bara, tanah laterit, pasir besi dan lain-lain. Pasir besi di Indonesia cukup banyak dimanfaatkan dalam bentuk bahan mentah sebagai bahan tambahan dalam industri pembuatan baja [20], komposit bahan penyerap [4], pelindung sinar-X [24] maupun absorber limbah [23]. Pasir besi memiliki kandungan yang cocok untuk adsorber limbah karena kandungan dan sifat magnetiknya yang sangat baik, berbiaya rendah, dan dari segi ekologi, melimpahnya pasir besi yang dihasilkan oleh industri pertambangan merupakan limbah krusial yang menjadi masalah bagi negara produsen.

Fe_3O_4 adalah material oksida metal yang memiliki sifat magnetik yang kuat untuk digunakan sebagai absorber limbah. Sayangnya, tradisional ferrite material memiliki densitas yang tinggi, *high sample loading rate* dan magnetisasi yang tinggi, keserbagunaan bentuk, efektivitas biaya rendah, sifat kimia dan stabilitas mekanis, serta toksisitas relative rendah. Meningkatnya oksida metal, interferensi serta polarisasi yang tidak diinginkan antara oksida metal dengan karbon *porous* akan meningkat. Singkatnya, keberadaan oksida metal seperti Fe_3O_4 akan meningkatkan kemampuan *dissipation* dari karbon *porous* [23].

Pasir besi memiliki kandungan utama oksida metal seperti maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$), hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), dan magnetit (Fe_3O_4), senyawa oksida lain seperti Al_2O_3 , MgO , dan SiO_2 [20]. Pada penelitian ini menggunakan pasir besi yang didominasi oleh oksida metal magnetit (Fe_3O_4). Material magnetik yang dipreparasi dengan menggunakan magnet eksternal dan pencucian dengan akuades menunjukkan bahwa material tersebut masih mengandung oksida pengotor seperti Cr, Mg, Si, dan Al [20].

Beberapa penelitian sebelumnya, melakukan pengujian untuk meningkatkan kandungan Fe_3O_4 dalam pasir besi dengan menggunakan larutan NaOH pada konsentrasi 4 mol dan 8 mol [43], larutan asam sulfat dengan

konsentrasi 1 mol, 2 mol, dan 3 mol [45] didapatkan hasil bahwa penambahan larutan asam sulfat (H_2SO_4) ternyata mampu melarutkan Mg dan Al. Namun mengakibatkan sebagian besi dalam komposit ikut larut. Selain itu, penggunaan larutan asam yang sangat kuat (bervalensi dua) seperti larutan asam sulfat (H_2SO_4) dapat melarutkan sebagian pilar oksida besi.

Oleh karena itu, untuk mendapatkan material magnetik pasir besi dengan kemurnian yang tinggi, material magnetik perlu dicuci atau diaktivasi menggunakan larutan asam (bervalensi satu) seperti HCl pada konsentrasi rendah untuk menghilangkan oksida-oksida pengotor yang dapat larut dengan asam, dan meminimalisir oksida besi yang larut [20].

II. 2 Karbon Aktif (KA)

Karbon aktif (KA) adalah berbagai bahan amorf berbasis karbon yang menunjukkan derajat porositas tinggi dan luas permukaan interpartikel yang diperbesar sehingga memiliki daya serap yang tinggi terhadap berbagai macam polutan. Karbon aktif (KA) diperoleh melalui pembakaran atau dekomposisi termal pada berbagai bahan karbon. Semua bahan karbon dapat dikonversi menjadi karbon aktif (KA), meskipun sifat/ karakter dari hasil akhir yang diperoleh dapat berbeda, tergantung dari karakteristik bahan baku, aktivator, dan kondisi proses karbonisasi dan aktivasi [26].

Arang hasil karbonisasi tidak memiliki kapasitas absorpsi yang besar karena struktur pori tidak berkembang, struktur pori akan ditingkatkan selama proses aktivasi. Proses aktivasi mengubah arang hasil karbonisasi menjadi Karbon Aktif (KA) yang memiliki jumlah pori yang besar, terdistribusi secara acak dengan berbagai bentuk dan ukuran, dan menghasilkan produk dengan luas permukaan yang luas. Arang aktif tersedia dalam bentuk granul dan *powder*. Saat ini karbon aktif (KA) juga dipersiapkan dalam bentuk bulat, fiber, dan lembaran untuk beberapa aplikasi khusus.

Karbon aktif (KA) merupakan absorben yang unik dan serba guna. Proses aktivasi arang dilakukan dengan beberapa cara antara lain aktivasi kimia, aktivasi fisika dan gabungan kimia dan fisika. Pori-pori pada arang aktif dibagi menjadi tiga kelompok: mikropori dengan diameter kurang dari 2 nm, mesopori dengan

diameter antara 2 nm sampai 50 nm, dan makropori dengan diameter lebih dari 50 nm. Mikropori menentukan sampai tingkat tertentu kapasitas adsorpsi dari arang aktif. Metode aktivasi yang umum digunakan dalam pembuatan karbon aktif (KA) adalah:

- a. Aktivasi kimia: proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Aktivator yang digunakan adalah bahan-bahan kimia seperti hidroksida logam alkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, dan asam-asam anorganik, seperti HCl.
- b. Aktivasi fisika: proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO₂. Umumnya arang dipanaskan dalam oven/tanur pada temperatur 300°C-900°C.

II.3 Mechanical Alloying

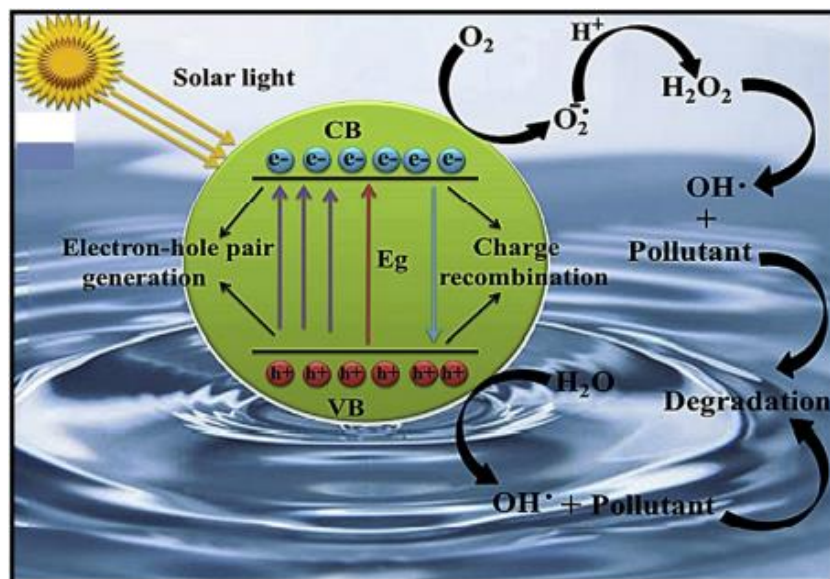
Teknik *mechanical alloying* merupakan teknik dengan menggunakan bola giling yang mampu menghasilkan material nanopartikel yang memiliki ukuran butir dalam skala nanometer sehingga akan memperbaiki sifat fisik dan mekanik paduan, Teknik *mechanical alloying* dapat digunakan dalam skala industri. Teknik ini mampu memproduksi material dalam struktur nano. Keunggulan lainnya, teknik ini dapat dilakukan pada suhu rendah sehingga mampu menghemat biaya proses, Semakin kecil ukuran partikel serbuk yang digunakan, maka proses pemaduan mekanik akan semakin efektif dan efisien [46].

II.3 Fotokatalis

Fotokatalis merupakan cara efektif yang digunakan untuk mengadsorpsi limbah cair yang berasal dari bahan semikonduktor. Fotokatalis melibatkan cahaya untuk menginduksi katalis sehingga terjadi perpindahan elektron ke permukaan semikonduktor. Hal ini akan berfungsi sebagai sumber redoks dan bereaksi dengan polutan air, kemudian akan terjadi degradasi atau pemisahan senyawa organik dan air [47].

Selama proses fotokatalis berlangsung, katalis yang ada di dalam air menyerap energi foton sehingga elektron berpindah dari pita valensi ke pita konduksi dan *hole* terbentuk di pita valensi. Namun jika elektron tidak dapat berpindah ke pita konduksi atau terjadi rekombinasi antara elektron dan *hole* maka

tidak akan terjadi fotokalis. *Hole* (h^+) yang ada di pita valensi dapat bereaksi dengan H_2O membentuk radikal hidroksil ($\bullet OH$). Selanjutnya, elektron (e^-) yang ada di pita konduksi bereaksi dengan oksigen (O_2) membentuk radikal superoksida ($\bullet O_2$). ($\bullet OH$) memiliki sifat oksidator kuat sedangkan ($\bullet O_2$) memiliki sifat sebagai reduktor. Radikal bebas berupa ikatan hidroksil sangat efisien dalam mengoksidasi material organik dan mendegeadasi polutan [3].



Gambar 2.1 Mekanisme Fotokatalis [5].