

MODIFIKASI BENTONIT TERPILAR Al DENGAN POLIANILIN SEBAGAI REDUKTOR ION Cr (VI)

Netti Yulia Ningsih^a, Yoki Yulizar^b

^a SMA Negeri 1 Muaro Jambi, Jl. Jambi-Ma. Bulian Km 20 Pijoan, Kec. Jambi Luar Kota Kab. Muaro Jambi 36363, Indonesia

^b Departemen Kimia, FMIPA, Universitas Indonesia, Kampus UI Depok 16424, Indonesia
E-mail: netty_ningsih@yahoo.com

ABSTRAK

Bentonit merupakan salah satu mineral yang kelimpahannya cukup besar di Indonesia. Untuk meningkatkan daya guna bentonit maka dibuat bentonit terpilal Al dengan polianilin dan diaplikasikan sebagai agen pereduksi ion Cr(VI). Pengukuran dengan XRD menunjukkan pilarisasi dengan polikation Al menyebabkan *basal spacing* dari bentonit naik menjadi 18,41413 Å. Sintesis Bent@Al@PANI dilakukan secara *in situ* dengan perbandingan konsentrasi APS/anilin adalah 1,25. Hasil uji FTIR dan spektrofotometer UV-Vis mengindikasikan bahwa polianilin yang diperoleh merupakan bentuk *emeraldin salt* (ES). Dari pengolahan data persentase 0,1 g Bent@Al@PANI 0,05 M dengan waktu reaksi 10 menit, pH 3,0 mampu mereduksi Cr(VI) $1,92 \times 10^{-4}$ M sebesar 89,92%.

Kata kunci: bentonit, *basal spacing*, reduksi Cr(VI), polianilin

ABSTRACT

Bentonite is a mineral that has a large abundance in Indonesia. To improve the usage of it, polyaniline-modified Al-pillared bentonite was synthesized and applied as a reductant of Cr(VI) ion. XRD measurement showed that the pillarization of bentonite using Al polycation caused the basal spacing value of bentonite arose to be 18,41413 Å. Bent@Al@PANI was synthesized by in situ process with concentration ratio of APS/aniline was 1,25. The analysis result of FTIR and UV-Vis spectroscopy indicated that the result of synthesis was polyaniline in its emeraldine salt form. Data measurement of 0,1 g Bent@Al@PANI 0,05 M with 10 minutes reduction time and pH 3,0 resulted 89,92% reduction percent.

Key words: bentonite, basal spacing, reduction of Cr(VI), polyaniline

PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan aktivitas perindustrian akhir-akhir ini telah menyebabkan permasalahan lingkungan yaitu bertambahnya limbah yang berbahaya yang dihasilkan oleh industri tersebut, seperti limbah logam berat. Salah satu logam

berat yang berbahaya adalah Cr(VI) yang dihasilkan dari proses alam dan sumber antropogenik seperti palting kromium, penyamakan kulit, pengawetan kayu dan paduan logam dari baja, pewarna dan pigmen. Cr(VI) sangat reaktif dilingkungan dan sangat beracun,

karsinogenik dan mutagenik bagi organisme hidup¹. Batas konsentrasi maksimum Cr(VI) untuk dibuang ke air permukaan daratan adalah 0,1 mg/L dan pada air minum adalah 0,05 mg/L. Dalam pengolahan limbah Cr(VI) sulit diendapkan, agar pengendapan mencapai efisiensi yang tinggi, maka Cr(VI) harus direduksi dulu menjadi Cr(III).

Bentonit merupakan sumber daya mineral yang melimpah di Indonesia dan belum dimanfaatkan secara optimal. Bentonit merupakan nama yang digunakan untuk material sejenis lempung yang 85% komposisinya terdiri dari monmorillonit dengan struktur lembarannya disusun satu lapisan oktahedral ($\text{Al}^{3+}(\text{O},\text{OH})$) dan dua lapisan tetrahedral ($\text{Si}^{4+}(\text{O},\text{OH})$). Diantara lembaran monmorillonit ini diisi oleh kation-kation lain seperti Na^+ , Ca^{2+} dan K^+ yang digunakan sebagai pengganti kekurangan muatan pada permukaan lembarannya. Permukaan bentonit bermuatan negatif, sehingga mampu mengadsorpsi ion-ion logam yang bermuatan positif, tetapi kemampuannya dalam mengadsorpsi anion sangat rendah. Oleh karena itu bentonit perlu dimodifikasi sebelum digunakan. Salah satu cara memodifikasi bentonit adalah dengan pilarisasi, yaitu menginterkalasikan suatu agen pemilar ke dalam antar lapis silikat

pada bentonit, sehingga mampu mengakomodasi kation-kation dalam jumlah besar². Pilarisasi menggunakan agen pemilar polioksokation seperti Zr^{4+} , Al^{3+} , Si^{4+} , Ti^{4+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , Ga^{3+} dan lain-lain. Yang paling banyak digunakan adalah polikation jenis Keggin $[\text{Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{24}(\text{H}_2\text{O})_{12}]^{7+}$ karena lebih mudah diproduksi, meningkatkan *basal spacing* menjadi 18-20 Å, meningkatkan struktur pori yang mengandung sisi asam Lewis dan Bronsted dan kestabilan termal yang tinggi³.

Pilarisasi pada bentonit juga bisa dimodifikasi dengan polimer seperti polianilin. Polianilin adalah polimer elektroaktif/konduktif yang merupakan makromolekul terkonyugasi yang struktur elektroniknya berubah dan mengakibatkan perubahan pada sifat optis dan elektriknya ketika mengalami reduksi atau oksidasi. Polianilin memiliki perubahan tingkat oksidasi, struktur yang unik, seperti banyaknya gugus amina dan imina pada backbone polimer, rantai polimer yang terprotonasi dan letak cincin quinoid dan benzoid yang berdampingan. Dengan struktur tersebut polianilin diramalkan mampu mengalami interaksi kompleks dengan beberapa ion logam berat yang memiliki afinitas besar terhadap nitrogen serta interaksi elektrostatik dengan anion⁴.

Pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi bentonit terpillar Al menggunakan polianilin dan diuji aplikasinya sebagai reduktor ion Cr(VI). Modifikasi ini diharapkan dapat menurunkan potensial reduksi polianilin menjadi lebih negatif, sehingga polianilin termodifikasi dapat digunakan sebagai reduktor untuk mereduksi ion Cr(VI) dan dapat menjadi alternatif bagi masalah pencemaran air, khususnya ion Cr(VI).

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah bentonit alam, aquades dan aquabides. Bahan-bahan kimia yang berkualitas pro analis dari Merck, yaitu $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, AgNO_3 , NaCl , HCl , NaOH , $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ (anilin), $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ (Amonium Peroksodisulfat), Kalium dikromat.

Alat

Alat uji yang digunakan untuk analisa dan karakterisasi adalah spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-2450), spektrofotometer FTIR (Shimadzu Prestidge-21), difraktometer sinar-X (Shimadzu XRD-7000), dan EDS.

Sintesis Na-Bentonit

Bentonit dipreparasi dan didispersikan ke dalam aquades dengan perbandingan 1:20 (100 g bentonit didispersikan dalam 2000 mL aquades) dan diaduk selama 30 menit. Campuran didiamkan dalam rentang waktu selama 5 menit, 30 menit, 120 menit dan 24 jam untuk memperoleh fraksi 1, 2, 3, 4 dari bentonit. Endapan Fraksi 1 sampai 4 dikeringkan dalam oven pada suhu $110\text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 jam dan dikarakterisasi dengan XRD dan FTIR untuk memperoleh kadar monmorillonit yang paling tinggi. Bentonit yang tinggi kadar monmorillonit selanjutnya dilakukan penyeragaman kation dengan menambahkan larutan NaCl 0,1 M (1:20) diaduk selama 24 jam sambil dipanaskan pada $70\text{ }^\circ\text{C}$. Endapan hasil dekantasi dicuci dengan akuades hingga bebas Cl^- dan dikeringkan dalam oven pada suhu $110\text{ }^\circ\text{C}$ selama ± 3 jam. Na-Bentonit yang diperoleh dikarakterisasi dengan XRD, FTIR.

Sintesis Bent@Al

Na-Bentonit disuspensikan dalam aquades hingga diperoleh suspensi Na-Bentonit 2% (10 g Na-Bentonit dalam 500 mL akuabides) dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Pilarisasi dilakukan dengan mencampurkan larutan polikation Al secara

perlahan ke dalam suspensi Na-Bentonit hingga diperoleh rasio Al/bentonit sebesar 9 mmol/gram bentonit, kemudian diaduk selama 24 jam. Endapan dicuci sampai sisa Cl^- hilang (negatif terhadap uji AgNO_3). Endapan disaring dan dikeringkan pada suhu 40°C selama 3 hari dan dikalsinasi dengan kenaikan suhu bertahap pada 400°C sampai 600°C selama 3 jam. Padatan yang diperoleh dinamakan Bent@Al dan dikarakterisasi dengan FTIR dan XRD.

Sintesis Polianilin

Sebanyak 20 mL anilin ditambahkan 12 g logam Zn dan didestilasi selama ± 2 jam hingga diperoleh destilat anilin. Selanjutnya, ditambahkan beberapa mL HCl pekat dengan perbandingan anilin:HCl (1:1) sampai timbul endapan. Garam anilin disaring, dimurnikan dengan eter, dan direkristalisasi dengan aquabides:aseton (1:4). Kristal yang terbentuk dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C sampai diperoleh kristal anilin berwarna putih. Garam anilin yang dihasilkan dikarakterisasi dengan UV-Vis. Polimerisasi anilin pada fasa bulk dilakukan dengan mencampurkan 10 mL oksidator Amonium Peroksodisulfat (APS) ke dalam 10 mL larutan garam aniline dengan konsentrasi APS/anilin 1,25. Polimerisasi diamati melalui perubahan suhu

dan perubahan optis pada campuran. Hasil yang diperoleh dikarakterisasi dengan FTIR dan UV-Vis.

Sintesis Bent@Al@PANI

Polimerisasi anilin pada Bent@Al dilakukan menggunakan 0,324 g garam anilin dan 0,712 g APS yang masing-masing dilarutkan dalam 50 mL akuabides. 1 g Bent@Al ditambahkan 50 mL larutan garam anilin dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* 30 menit. Kemudian ditambahkan 50 mL larutan APS dan diaduk selama 3 jam dan dipisahkan dengan sentrifus setelah didiamkan ± 3 jam. Endapan dikeringkan pada suhu 60°C . Karakterisasi Bent@Al@PANI dilakukan dengan XRD dan FTIR.

Aplikasi Bent@Al@PANI sebagai Reduktor Ion Cr(VI)

Larutan Cr(VI) dibuat dalam berbagai konsentrasi dengan melarutkan kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) dalam air suling ($\text{pH} \approx 7$) dalam media larutan asam ($\text{pH} \approx 3$). Untuk aplikasi Bent@Al@PANI dalam mereduksi ion Cr(VI), 5 mL larutan Cr(VI) $1,92 \times 10^{-4}$ M ditambahkan kedalam 0,1 g Bent@Al@PANI. Di *vortex* 10 menit dan filtrat diuji dengan UV-Vis *spectroscopy*. Konsentrasi Cr(VI) yang tersisa ditentukan dari perubahan absorbansi

Cr(VI) pada panjang gelombang 350 nm. digunakan rumus:
Untuk menentukan % Reduksi Cr(VI)

$$\% \text{Reduksi} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

PEMBAHASAN

Sintesis Na-Bentonit

Fraaksinasi bertujuan untuk memperoleh fraksi dengan kandungan monmorillonit (MMT) paling banyak sebagai penyusun utama mineral bentonit. Fraaksinasi dilakukan berdasarkan densitas. Montmorilonit mengendap lebih lama karena adanya ikatan yang lebih kuat antara lapisan silikat dalam montmorilonit dengan air. Sedangkan pengotor-pengotor memiliki densitas yang lebih besar dan cenderung bersifat *non swelling*.

Hasil karakterisasi dengan XRD menunjukkan Fraksi 3 merupakan fraksi bentonit yang banyak mengandung montmorilonit. Ini terlihat dari intensitas puncak-puncak khas montmorilonit pada bentonit fraksi 3 lebih tinggi dibandingkan dengan bentonit alam, fraksi 1,2 dan 4, seperti yang tertera pada Tabel 1.

Berdasarkan data ini perlakuan selanjutnya menggunakan sampel bentonit alam fraksi 3 untuk dilakukan penyeragaman

kation. Penyeragaman kation bertujuan untuk menggantikan ion-ion selain Na^+ di dalam antar lapis bentonit seperti kation K^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Kation Na^+ yang berasal dari larutan NaCl ini akan mensubstitusi kation-kation lain pada jarak antarlapis (*basal spacing*) bentonit. Hasil pertukaran kation dinamakan Na-Bentonit yang bersifat lebih *swelling* karena ion Na^+ yang berada di permukaan bentonit akan berasosiasi dengan daerah yang mengalami defisiensi muatan negatif pada salah satu lembar saja, sehingga lembaran akan terpisah cukup jauh dan memungkinkan interaksi dengan air lebih banyak dan meningkatkan kestabilan.

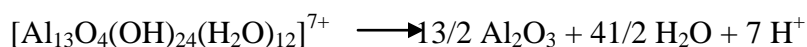
Hasil karakterisasi Na-Bentonit dengan XRD menunjukkan pergeseran nilai *basal spacing* Na-Bentonit pada 2θ 6,11 nilainya menjadi lebih kecil dibanding bentonit fraksi 3, yaitu 14,44 Å. Kemungkinan disebabkan sebagian besar ruang antar lapis (*interlayer*) pada bentonit alam diisi oleh kation-kation yang jari-jarinya lebih besar dari pada Na^+ seperti Ca^{2+} . Ion Na^+ mampu menggantikan

Ca²⁺, K⁺, dan ion-ion lain yang berukuran lebih besar karena pembuatan Na-Bentonit dilakukan dengan proses penyeragaman dengan NaCl.

Sintesis Bent@Al

Polarisasi Na-Bentonit dengan polikation Al [Al₁₃O₄(OH)₂₄]⁷⁺ bertujuan untuk membuat struktur bentonit menjadi *rigid (non swelling)*, sehingga akan terbentuk pilar permanen pada ruang antarlapis bentonit yang memungkinkan

terjadinya peningkatan basal spacing pada *interlayer* bentonit. Na-Bentonit hasil penyeragaman kation mampu memfasilitasi proses penyisipan agen pemilar melalui proses tukar kation⁵. Dalam proses sintesisnya Bent@Al dikalsinasi agar struktur bentonit menjadi rigid karena polikation Al akan mengalami dehidrasi dan transformasi menjadi pilar Al₂O₃ seperti reaksi berikut:



Pilar Al₂O₃ bereaksi dengan silikat pada lapisan tetrahedral bentonit yang menyangga ruang antar lapis bentonit membentuk

Al-O-Si. Polarisasi Al₂O₃ dibagian *interlayer* menyebabkan antar *layer* menjadi lebih terbuka.

Tabel 1 Intensitas puncak utama montmorillonit pada fraksi bentonit alam

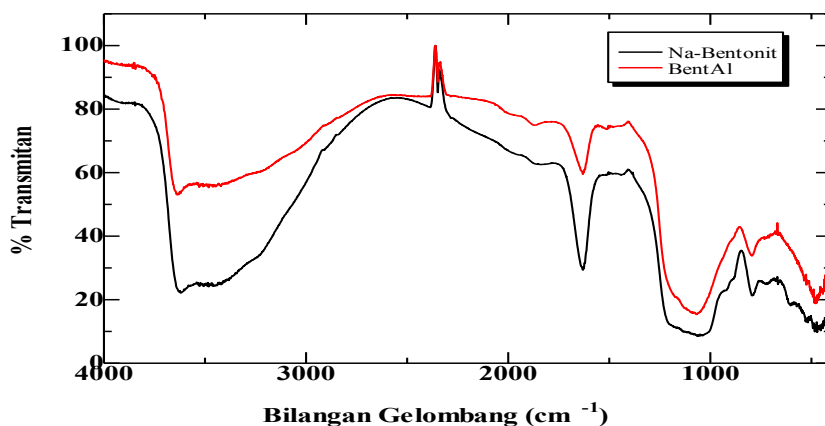
Jenis Bentonit	d-spacing (Å ^o)	Intensitas puncak montmorillonit					
		Puncak 1		Puncak 2		Puncak 3	
		2θ	Intens	2θ	Intens	2θ	Intens
Alam	15,32	5,76	488	19,94	1705	35,80	827
Fraksi 1	15,78	5,59	1291	19,78	998	35,63	402
Fraksi 2	15,38	5,74	1467	19,91	882	36,01	547
Fraksi 3	15,77	5,60	2755	19,86	1759	35,53	2552
Fraksi 4	16,53	5,34	68	19,88	4857	35,52	5965

Dari spektra FTIR Gambar 1 terlihat puncak-puncak serapan yang tidak jauh berbeda antara Na-Bentonit dan Bent@Al.

Hal ini menunjukkan bahwa proses polarisasi maupun kalsinasi pada suhu 600 °C tidak mengakibatkan terjadinya perubahan

struktur dari bentonit. Perbedaan sedikit terlihat pada daerah panjang gelombang 3632,7 cm^{-1} dengan terjadinya penurunan intensitas Al(Mg)-OH pada Bent@Al dan puncak yang agak tajam pada daerah 479,85

cm^{-1} yang merupakan daerah vibrasi tekuk Al-Si-O yang mungkin disebabkan karena bertambahnya ikatan Al-Si-O akibat proses pilarisasi.



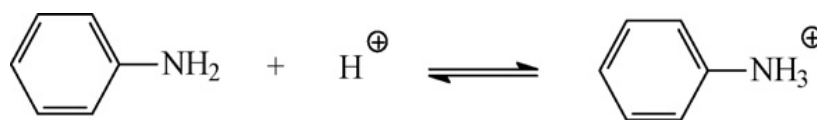
Gambar 1 : Spektra FTIR dari Bent@Al

Hasil karakterisasi dengan XRD, puncak khas Bent@Al pada daerah 2θ 4,7950 dengan nilai *basal spacing* 18,41411 Å mengalami peningkatan dari Na-Bentonit yang nilai *basal spacing*nya 14,44183 Å. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu di mana nilai *basal spacing* smektit yang

diinterkalasi kation Keggin Al adalah sebesar $\pm 18,18 \text{ \AA}^5$.

Sintesis Polianilin (PANI)

Proses perubahan anilin menjadi garam anilin dapat dilihat dari reaksi pada Gambar 2.



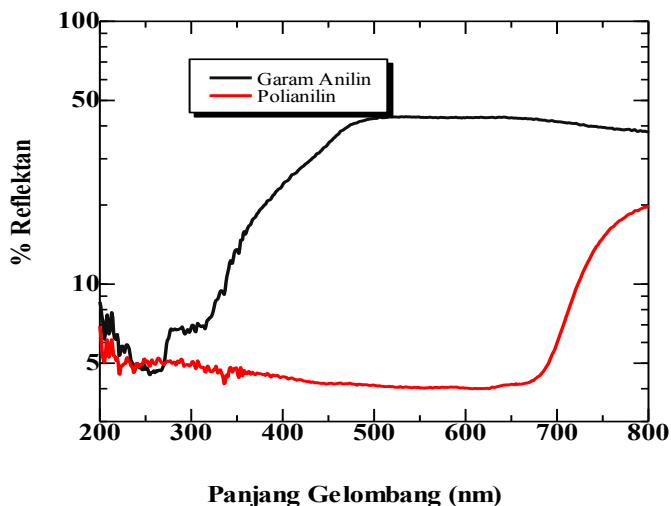
Gambar 2 Reaksi protonasi anilin

Polimerisasi dilakukan dengan mencampurkan larutan APS ke dalam larutan garam anilin dengan rasio APS/anilin

sebesar 1,25 sehingga dapat mengurangi jumlah anilin tersisa dan untuk memperoleh yield polianilin terbaik⁶.

Hasil karakterisasi dengan FTIR terdapat beberapa puncak khas dari bentuk polianilin terprotonasi, yaitu puncak di sekitar $1566,23\text{ cm}^{-1}$ dan $1496,79\text{ cm}^{-1}$ yang masing-masing merupakan daerah vibrasi ulur N=Q=N dan N-B-N (Q merupakan

cincin tipe quinon dan B adalah cincin tipe benzene)⁷. Keberadaan puncak-puncak tersebut membuktikan bahwa PANI yang diperoleh berada dalam bentuk terprotonasi (*emeraldine salt*).



Gambar 3 Spektra UV-DRS polianilin

Karakterisasi PANI dengan UV-DRS pada Gambar 3 menunjukkan spektra absorbansi pada 325 nm dan 780 nm. Hal ini sesuai dengan transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ pada panjang gelombang 325 nm dan transisi benzoid ke quinoid pada panjang gelombang 780 nm.

Sintesis Bent@Al@PANI

Proses modifikasi Bent@Al dengan polimer polianilin adalah dengan melakukan

polimerisasi monomer secara *in situ* pada Bent@Al. Garam anilin ditambahkan terlebih dahulu diharapkan garam anilin dapat berada di permukaan luar Bent@Al maupun berdifusi ke ruang antarlapis Bent@Al sehingga polimer dapat terbentuk baik pada permukaan maupun pada ruang antarlapis Bent@Al. Hasil karakterisasi XRD dapat dilihat pada Tabel 2. Pada table 2 terlihat peningkatan *basal spacing*.

Tabel 2. Nilai d-spacing pada Na-Bentonit, Bent@Al dan Bent@Al@PANI

Jenis Bentonit	d-spacing (Å)
Na-Bent	14,44
Bent@Al	18,41
Bent@Al@PANI	20,65

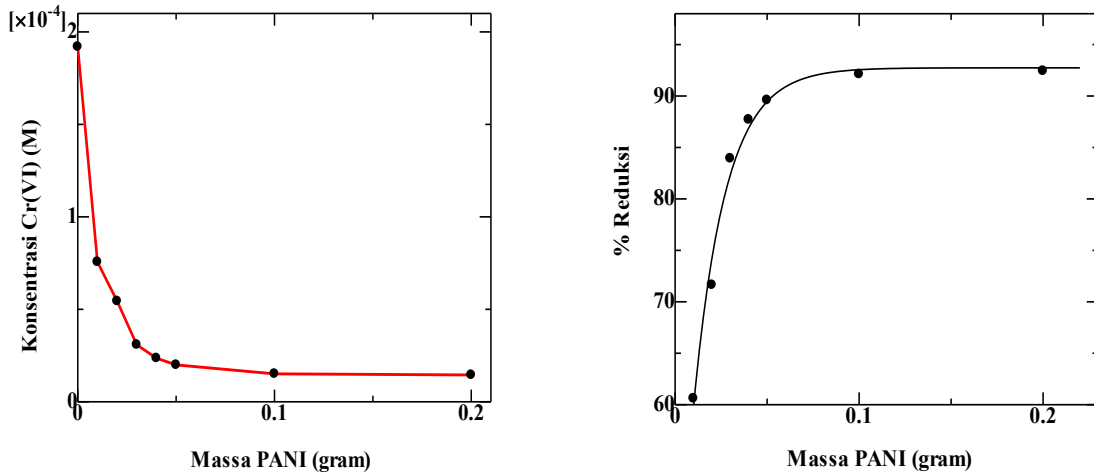
Bent@Al@PANI pada 2θ 4,2750 adalah 20,6527 Å. Hal ini disebabkan karena daerah d_{001} pada interlayer bentonit telah termodifikasi oleh PANI.

Aplikasi Bent@Al@PANI sebagai Reduktor Ion Cr(VI)

Aplikasi Reduksi Cr(VI) dengan PANI

Uji aplikasi menggunakan PANI dilakukan dengan menambahkan PANI bermassa 0,01 g ; 0,02 g ; 0,03 g ; 0,04 g ; 0,05 g ; 0,1 g dan 0,2 g kedalam 5 mL larutan Cr(VI) $1,92 \times 10^{-4}$ M dengan pengadukan 10 menit. Dari hasil pengukuran dengan UV-Vis semakin banyak massa PANI yang digunakan, maka akan semakin

banyak pula interaksi antara spesi terprotonasi pada PANI *emeraldine salt* terhadap ion Cr(VI). PANI dalam bentuk *emeraldine salt* dapat melakukan aktivitas reduksi karena sifat konduktifnya yang dapat mentransfer elektron. Persen reduksi yang dihasilkan oleh PANI 0,01 g adalah sebesar 60,61 % dan terus meningkat dengan bertambahnya massa PANI seperti terlihat pada Gambar 4. Dari grafik bisa disimpulkan bahwa massa optimum PANI untuk mereduksi Cr(VI) adalah 0.1 g dengan persen reduksi 92,12 %. Sedangkan dengan massa PANI yang lebih banyak, persentase reduksi tidak berubah secara signifikan.



Gambar 4 Hubungan antara konsentrasi Cr(VI) $1,92 \times 10^{-4}$ M hasil reduksi terhadap bertambahnya massa PANI (a) Hubungan antara persen reduksi Cr(VI) $1,92 \times 10^{-4}$ M terhadap variasi massa PANI 0,05 M (b)

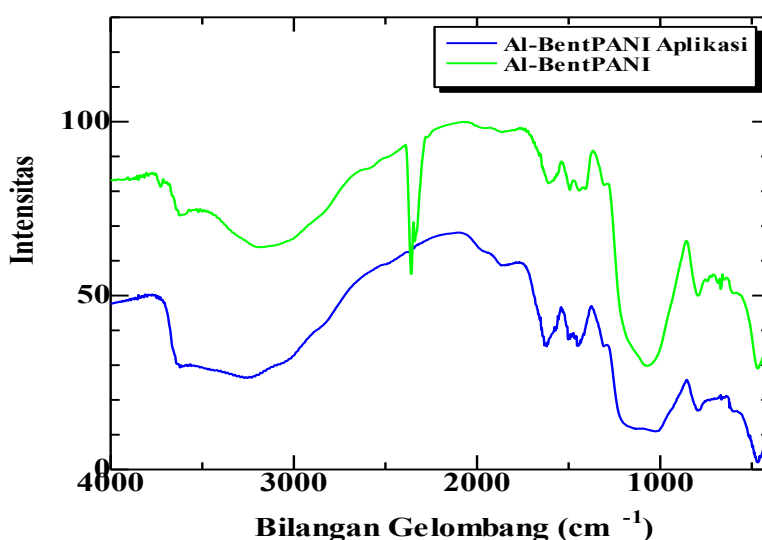
Aplikasi Reduksi Cr(VI) dengan Bent@Al@PANI

Uji reduksi Cr(VI) dengan Bent@Al@PANI massa yang digunakan adalah mulai dari 0,03 g sampai dengan 0,3 g. Konsentrasi Cr(VI) yang digunakan adalah $1,92 \times 10^{-4}$ M dengan pengadukan 10 menit. Dalam hal ini PANI bertindak sebagai reduktor sedangkan bentonit bertindak sebagai *supporting material*. Oleh karena itu, jika massa PANI yang ada di dalam Bent@Al@PANI lebih kecil dari massa PANI 0,01 g yang digunakan pada aplikasi sebelumnya, aktivitas reduksi belum berjalan optimal. Perubahan konsentrasi Cr(VI) dan persentase reduksi terjadi secara signifikan ketika massa Bent@Al@PANI

ditingkatkan dari 0,1 g sampai 0,3 g. Sedangkan penggunaan Bent@Al@PANI 0,03 g untuk mereduksi Cr(VI) cenderung menurun. Untuk itu dilakukan uji analisis gravimetri terhadap massa PANI dalam Bent@Al@PANI yang digunakan dalam aplikasi reduksi Cr(VI), dengan membakar Bent@Al@PANI pada suhu 400°C selama 3 jam di dalam furnace. Hasil gravimetri diketahui bahwa jumlah PANI yang terdapat dalam 0,25 g Bent@Al@PANI adalah sebesar 0,0182 g atau 7,8 % PANI yang menyelimuti permukaan bentonit. Dari analisis gravimetri didapatkan perbandingan massa dan persen reduksi seperti tertera pada Tabel 3.

Hal ini terjadi karena bentonit memiliki luas permukaan yang lebih besar sehingga dapat meningkatkan kontak antara PANI dengan Cr(VI). Semakin banyak sisi aktif PANI yang berinteraksi dengan Cr(VI) maka aktivitas reduksi PANI juga semakin meningkat. Berdasarkan kedua percobaan aplikasi reduksi dengan PANI dan

Bent@Al@PANI, dapat disimpulkan bahwa Bent@Al@PANI merupakan reduktor yang lebih baik karena dapat meningkatkan daya reduksi PANI. Bent@Al@PANI yang sudah diaplikasi dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk mengetahui perubahan struktur PANI dari bentuk *emeraldine salt* menjadi bentuk PANI yang teroksidasi.



Gambar 5 Spektra IR Bent@Al@PANI sebelum dan sesudah aplikasi

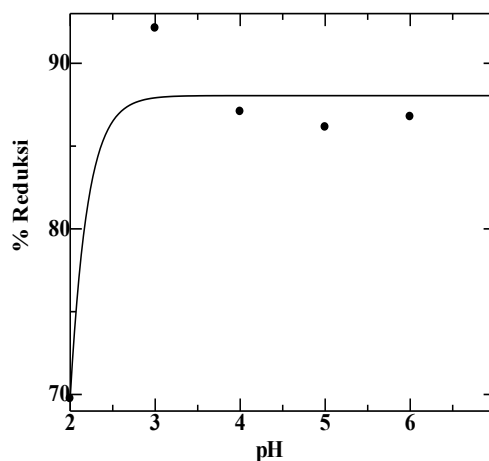
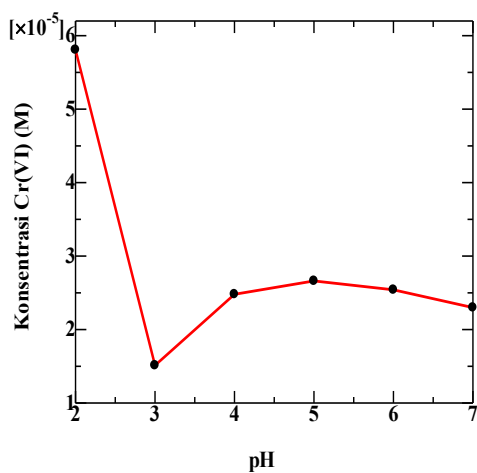
Tabel 3 Perbandingan % reduksi Cr(VI) oleh PANI dan Bent@Al@PANI

Redukstor	Massa awal (gr)	Massa PANI (gr)	% Reduksi
PANI	0,018	0,018	60,61
Bent@Al@PANI	0,25	0,018	63,77

Gambar 5 menunjukkan Bent@Al@PANI sebelum dan setelah aplikasi memiliki gugus $-NH_2$ *stretching* pada 3220 cm^{-1} untuk *emeraldine salt* dan 3210 cm^{-1} untuk Bent@Al@PANI. Perbedaan terlihat pada puncak 1088 cm^{-1} yang merupakan cincin quinoid intensitasnya berkurang.

Uji aplikasi Bent@Al@PANI 0,05 M dilakukan juga dengan variasi pH untuk menemukan pH optimum efisiensi reduksi maksimum. pH larutan adalah parameter yang penting dalam reduksi logam berat karena mempengaruhi interaksi fisikokimia dari spesi zat yang tereduksi dalam larutan. 0,1 g Bent@Al@PANI 0,05 M 0,1 g ditambahkan kedalam larutan Cr(VI)

$1,92 \times 10^{-4}\text{ M}$ dengan variasi pH 2,0 ; 3,0 ; 4,0 ; 5,0 ; 6,0 ; dan 7,0 di *vortex* 10 menit. Uji filtrat dengan UV-Vis *spectroscopy*, dihasilkan spektrum adsorpsi pada panjang gelombang 350 nm, reduksi Cr(VI) mengalami penurunan paling besar pada pH 3,0. Hal ini bisa dijelaskan dalam kondisi yang sangat asam (pH 3,0) protonasi yang terjadi pada permukaan polianilin lebih tinggi dibandingkan pada pH lain, sehingga dapat mereduksi Cr(VI) dengan lebih baik. Gambar 6a menunjukkan kurva penurunan konsentrasi Cr(VI) terhadap perubahan pH. Pada kurva tersebut terlihat bahwa penurunan konsentrasi Cr(VI) maksimum pada pH 3,0.



Gambar 6 Kurva penurunan konsentrasi Cr(VI) variasi pH (a) Kurva persen reduksi Cr(VI) variasi pH (b)

Sejalan dengan itu persen reduksi mencapai maksimum pada pH 3,0 yaitu 89,92 % seperti yang terlihat pada Gambar 6b.

KESIMPULAN

Bentonit dapat dimodifikasikan dengan polikation Al dan Polianilin dengan cara pilarisasi, yaitu menginterkelasi suatu agen pemilar kedalam antar lapis silikat

pada bentonit, sehingga meningkatkan *basal spacing* hingga 18,41 Å. Modifikasi Bent@Al@PANI dapat digunakan sebagai reduktor untuk mereduksi Cr(VI)..

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Olad, A., Nabavi, R., 2007. *Application of polyaniline for the reduction of toxic Cr(VI) in water*. Journal of Hazardous Materials 147 ; 845–851.
- [2] Wijaya *et al.* 2005. *Sintesis Fe₂O₃-monmorilonit dan aplikasinya sebagai fotokatalis untuk degradasi zat pewarna congo red*. Indonesian Journal of Chemistry 5: 41–47
- [3] Wu, D. G.; Cahen, D.; Graf, P.; Naaman, R.; Nitzan, A.; Shvart, D. *Chemistry-a European Journal* 2001, 7, 1743-1749
- [4] Narvaez, A.; Dominguez, E.; Katakis, I.; Katz, E.; Ranjit, K. T.; Den-Dov, L.; Willner, I. *Journal of Electroanalytical Chemistry* 1997, 430, 227-233
- [5] Bergaya, F., A. Aouad & T. Mandalia. 2006. *Pillared Clays and Clay Minerals*. In F. Bergaya, B.K.G. Theng & G. Lagaly (Ed.). *Handbook of Clay Science: Development in Clay Science*, (vol.1).
- [6] J.Stejskal. *Polyaniline Preparation of A Conducting Polymer (IUPAC Tehnical Report)*. Pure Appl. Chem., Vol. 74, No. 5, pp. 857–867, 2002
- [7] Divya, V., Sangaranarayanan, W. V., 2012. *A facile synthetic strategy for mesoporous crystalline copper–polyaniline composite*. *European Polymer Journal* 48; 560–568