

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Arang Aktif *Subgrade* Teh Hitam (*Camellia Sinensis*)

Arang aktif merupakan senyawa karbon yang telah diproses dengan cara diaktivasi sehingga senyawa karbon tersebut berpori dan memiliki luas permukaan yang sangat besar dengan tujuan untuk meningkatkan daya adsorbsinya (Arfan,2006). Pada penelitian, bahan yang digunakan untuk membuat arang aktif merupakan bahan yang tidak terpakai/limbah dari kebun teh Kertowono PT. Perkebunan Nusantara (PTPN) XII Lumajang Jawa Timur. Limbah tersebut berupa *subgrade* teh hitam yang tidak layak untuk dijadikan bahan produksi. *Subgrade* teh hitam dicuci hingga bersih dan dikeringkan terlebih dahulu menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Dilanjutkan dengan proses pirolisis (karbonisasi) selama 2 jam dan didiamkan hingga suhu kembali dingin selama 6 jam hingga menjadi Arang. Arang yang sudah didinginkan selanjutnya dicuci hingga pH netral kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 200°C selama 1 jam. Arang yang telah kering kemudian diaktivasi secara fisika dan kimia. Proses aktivasi ini dilakukan untuk meningkatkan daya serap arang dan merubah arang menjadi arang aktif (Lempang,2014).

Arang aktif kemudian dapat dicari rendemennya. Menurut Badan Standarisasi Nasional (1995), merupakan bobot arang aktif setelah diaktivasi berbanding bobot arang sebelum diaktivasi. Penetapan rendemen arang aktif yang dilakukan setelah melalui proses aktivasi. Rendemen arang aktif dipengaruhi oleh temperature dan waktu.

Randemen arang aktif yang diaktivasi secara fisika dengan menggunakan *furnace* pada suhu 800°C selama 2 jam dan diperoleh hasil seperti yang terlihat pada **Tabel 4.1** Data tersebut menunjukkan rata-rata berat bahan sebesar 62,402 gram dan berat arang aktif sebesar 15,737 gram,

sehingga didapat rendemen arang aktif *subgrade* teh hitam (*Camellia Sinensis*) dengan aktivasi fisika sebesar 25%. Prinsip aktivasi ini dimulai dengan mengalirinya gas-gas ringan, seperti uap air, CO₂, atau udara ke dalam retort yang berisi arang dan dipanaskan pada suhu 800-1000 °C. Pada suhu di bawah 800 °C, proses aktivasi dengan uap air atau gas CO₂ berlangsung sangat lambat, sedangkan pada suhu di atas 1000 °C, akan menyebabkan kerusakan struktur kisi-kisi heksagonal arang (Manocha, 2003).

Tabel 4.1 Hasil Rendemen Arang Aktif Aktivasi Fisika

No	Berat Bahan (gram)	Berat Arang Aktif (gram)	Rendemen (%)
1	61,553	16,908	27
2	54,343	13,486	25
3	60,445	15,713	26
4	61,347	15,546	25
5	69,535	17,321	25
6	71,875	18,246	25
7	58,678	14,554	25
8	61,776	15,636	25
9	58,726	14,987	26
10	64,897	16,143	25
Jumlah	623,175	158,540	254
Rata-Rata	62,402	15,737	25

Sumber: Pengujian, 2017

Aktivasi secara kimia pada prinsipnya adalah perendaman arang dengan senyawa kimia sebelum dipanaskan. Pada proses pengaktifan secara kimia, arang direndam dalam larutan pengaktifasi selama 24 jam, lalu ditiriskan dan dipanaskan pada suhu 600- 900 °C selama 1 - 2 jam. Pada suhu tinggi bahan pengaktif akan masuk di antara sela-sela lapisan heksagonal dan selanjutnya membuka permukaan yang tertutup (Lempang,2014). Pada penelitian ini

senyawa kimia yang digunakan adalah HCl 1M. Arang direndam dengan HCl 1M selama 24 jam, kemudian diangin anginkan hingga kering. Arang yang sudah kering kemudian dipanaskan dengan suhu 600°C selama 1 jam dan dapat diperoleh randemen seperti pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2. Hasil Randemen Arang Aktif Aktivasi Kimia

No	Berat Bahan (gram)	Berat Arang Aktif (gram)	Rendemen (%)
1	62,131	15,808	25
2	53,578	13,539	25
3	61,565	14,763	24
4	60,997	14,548	24
5	68,986	16,372	24
6	72,587	18,291	25
7	59,871	13,754	23
8	60,076	14,361	24
9	56,269	13,103	23
10	63,867	15,767	25
Jumlah	619,927	150,306	242
Rata-Rata	61,977	14,944	24

Sumber: Pengujian, 2017

Berdasarkan data tersebut diperoleh data rata-rata berat bahan adalah 61,977 gram dan rata-rata berat karbon aktif adalah 14,944 gram, sehingga didapat rendemen karbon aktif *subgrade* teh hitam dengan aktivasi fisika sebesar 24%. Pada aktivasi kimia suhu yang digunakan lebih rendah dari aktivasi secara fisika. Selain itu, aktivasi kimiawi menghasilkan pembentukan struktur pori yang lebih baik, luas permukaan yang lebih tinggi, dan *yield* karbon aktif yang lebih besar (Ahmadpour, 1995). Randemen yang dihasilkan rendah dikarenakan senyawa karbon yang terbentuk dari hasil penguraian selulosa dan lignin mengalami reaksi pemurnian

dengan uap air yang bertujuan untuk menghilangkan senyawa non karbon yang melekat pada permukaan arang, tetapi dikarenakan reaksi yang terjadi secara radikal maka atom C yang terbentuk akan bereaksi kembali dengan atom O dan H membentuk CO, CO₂, dan CH₄ sehingga rendemen arang aktif yang dihasilkan akan lebih rendah.

4.2 Karakteristik Arang Aktif *Subgrade* Teh Hitam (*Camellia Sinensis*)

Arang aktif *subgrade* teh hitam (*camellia sinensis*) yang telah diaktivasi secara kimia dan fisika dianalisis untuk mengetahui kualitasnya. Parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas arang tersebut meliputi kadar air, kadar abu (*ash content*), kadar zat terbang (*volatile matter*), dan kadar karbon (*fixed carbon*). Parameter yang telah didapatkan setelah dilakukan pengujian dibandingkan dengan parameter arang aktif yang telah disusun dan ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia 06-3730-1995 dapat dilihat pada **Tabel 4.3**. **Tabel 4.3** Data Analisa Karakteristik Arang Aktif

Parameter	Hasil Analisa		SNI 06-3730-1995 (%)
	Fisika (%)	Kimia (%)	
Kadar Air	6,9141	7,1136	<15
Kadar Abu	6,0654	7,1077	<10
Kadar Zat Terbang	12,8603	14,4467	<25
Kadar Karbon	74,1602	71.3320	>65

Sumber: Pengujian, 2017

Berdasarkan hasil analisa arang aktif yang terdapat pada **Tabel 4.3** diketahui dimana nilai kadar air pada arang aktif yang telah diaktivasi sebesar 6,9141% untuk aktivasi secara fisika dan 7,1136% untuk aktivasi secara kimia. Nilai tersebut sesuai dengan SNI 06-3730-1995 dimana kadar air dari arang aktif kurang dari 15%. Tinggi rendahnya kadar air menunjukkan banyak sedikitnya air yang menutupi pori-pori karbon aktif,

semakin rendah kadar air maka semakin banyak tempat dalam pori yang dapat ditempati oleh adsorbat sehingga adsorpsi berlangsung secara optimal (Mu'jizah, 2010).

Menurut Herlandien (2013) Penentuan kadar abu bertujuan untuk mengetahui kandungan sisa mineral dalam karbon aktif yang tidak terbuang saat karbonisasi dan aktivasi. Mineral yang masih tersisa akan menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif sehingga mempengaruhi adsorpsi yang terjadi. Pada **Tabel 4.3** menunjukkan kadar abu dengan aktivasi secara fisika sebesar 6,0654% dan aktivasi secara kimia sebesar 7,1077%. Nilai tersebut sesuai dengan SNI 06-3730-1995 dimana nilai kadar abu yang didapat harus kurang dari 10%.

Hasil dari pengujian kadar zat terbang yang ditujukan oleh **Tabel 4.3** didapatkan nilai 12,8603% untuk aktivasi secara fisika dan 14,4467% untuk aktivasi secara kimia. Nilai tersebut telah memenuhi standart SNI 06-3730-1995 dimana nilai kadar zat terbang kurang dari 25%. Tinggi rendahnya kadar zat terbang dikarenakan semakin tinggi konsentrasi zat pengaktivasi yang menyebabkan semakin sedikit nitrogen dan sulfur yang terbakar pada temperatur 900oC (Gomez-Serano, *et al*, 2005).

Menurut Pari dkk (2004) Besar kecilnya kadar karbon yang dihasilkan, selain dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kadar zat terbang dan kadar abu juga dipengaruhi oleh kandungan selulosa dan lignin bahan yang dapat dikonversi menjadi atom karbon. Rendahnya kadar karbon menunjukkan banyak atom karbon yang bereaksi dengan uap air menghasilkan CO dan CO₂. Pada **Tabel 4.3** menunjukkan kadar karbon dengan aktivasi secara fisika sebesar 74,1602% dan aktivasi secara kimia sebesar 71,3320%. Nilai tersebut sesuai dengan SNI 06-3730-1995 dimana nilai kadar abu yang didapat harus lebih dari 65%.

4.3 Karakteristik Limbah Cair Penyamakan Kulit

Limbah cair penyamakan kulit yang digunakan sebagai sampel penelitian adalah limbah yang berasal dari PT. Nasional Djawa Kuit, Singosari, Kabupaten Malang. Limbah ini diambil dari proses *tanning* yang mempunyai warna biru tua pekat mendekati hitam, berbau menyengat, dan memiliki banyak padatan dari sisa bulu sapi yang ikut terbawa dari proses sebelumnya yaitu proses pencabuan bulu. Pada **Tabel 4.4** dapat dilihat karakteristik limbah cair penyamakan kulit sebelum dilakukan proses adsorpsi.

Tabel 4.4 Karakteristik Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit

Parameter	Nilai	Baku Mutu Air Limbah*
Krom (Cr)	1798 mg/L	0,50 mg/L
Suhu	24	-
pH	3,1	6,0-9,0

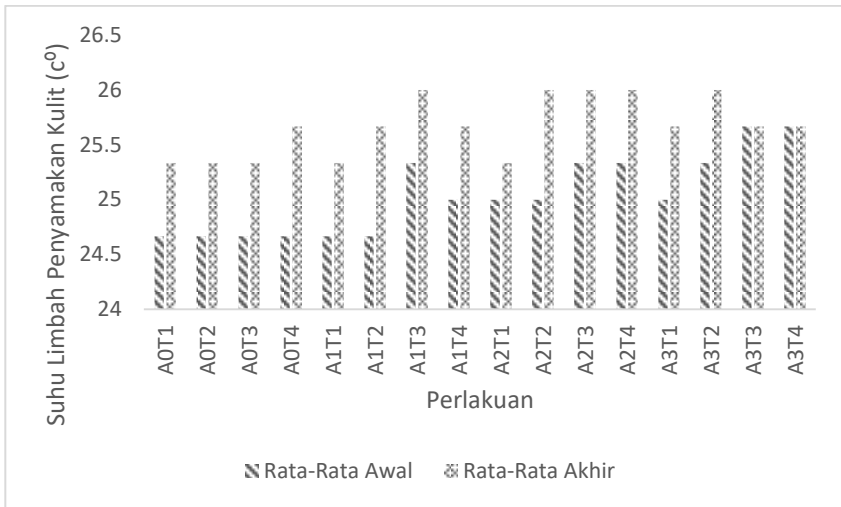
Sumber : Hasil Pengujian, 2017

Limbah yang mengandung 1798 mg/L Krom ini diambil dari unit proses *tanning* yang belum diolah. Sehingga jika dibandingkan dengan baku mutu air limbah yang telah diatur dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No 52 Tahun 2014 Tentang Perubahan Atas Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/ atau Kegiatan Industri Lainnya. Dari Tabel 4.1 parameter yang dicantumkan adalah kadar Krom, Suhu dan pH. Terlihat perbedaan yang sangat signifikan bahwa limbah dari proses *tanning* ini masih belum sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

4.4 Pengamatan Suhu pada Limbah Cair Penyamakan Kulit

Untuk mengetahui perubahan suhu selama proses adsorpsi maka dilakukan pengamatan suhu pada limbah cair penyamakan kulit. Limbah cair penyamakan kulit sendiri memiliki suhu 24°C sebelum diberikan perlakuan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu ruang dan tidak melakukan pengaturan suhu pada setiap perlakuan. Pengukuran suhu dilakukan setelah proses pengadukan pada sampel selesai. Pengukuran suhu ini

meggunakan termometer pada suhu awal dan suhu akhir. Data suhu ada setiap perlakuan dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Data Pengamatan Suhu

Gambar 4.1 menunjukkan suhu yang diamati pada setiap perlakuan selama proses adsorpsi berlangsung. Data tersebut terlihat tidak adanya perbedaan atau penurunan dan kenaikan suhu yang sangat signifikan pada suhu awal dan suhu akhir jika dibandingkan dengan suhu sebelum diberi perlakuan. Suhu awal tertinggi terdapat pada perlakuan A3T3 dan A3T4 dengan rata-rata suhu sebesar 25,67°C. Suhu akhir tertinggi terdapat pada perlakuan A1T3,A2T2,A2T3,A2T4, dan A3T2 dengan rata-rata suhu sebesar 26°C. Terdapat perubahan suhu dalam setiap perlakuan dikarenakan dengan keterbatasan jumlah alat *magnetic stirrer* yang digunakan.

Hasil pengamatan suhu pada penelitian tersebut dilakukan analisa sidik ragam untuk mengetahui pengaruh perlakuan dalam hasil pengamatan suhu pada sampel uji. Terlihat dalam analisa sidik ragam, F hitung interaksi A x B (dosis perlakuan dengan waktu pengamatan) terdapat hasil tidak berbeda nyata karena nilai F hitung lebih kecil dari F tabel 0,05 dan F tabel 0,01. Data dapat dilihat pada **Lampiran 5**

Hasil analisa sidik ragam pada pengamatan suhu menunjukkan tidak berbeda nyata dikarenakan $F_{Hitung} < F_{Tabel}$. Faktor yang mempengaruhi diantaranya adalah banyaknya jumlah sampel yang tidak sebanding dengan jumlah alat, yang digunakan, maka setiap pengukuran suhu sampel uji dilakukan pada waktu yang berbeda. Banyaknya perlakuan sebesar 16 perlakuan dan terdiri dari 3 ulangan mengharuskan penggunaan *magnetic stirrer* secara bergantian sehingga suhu yang diperoleh juga berbeda.

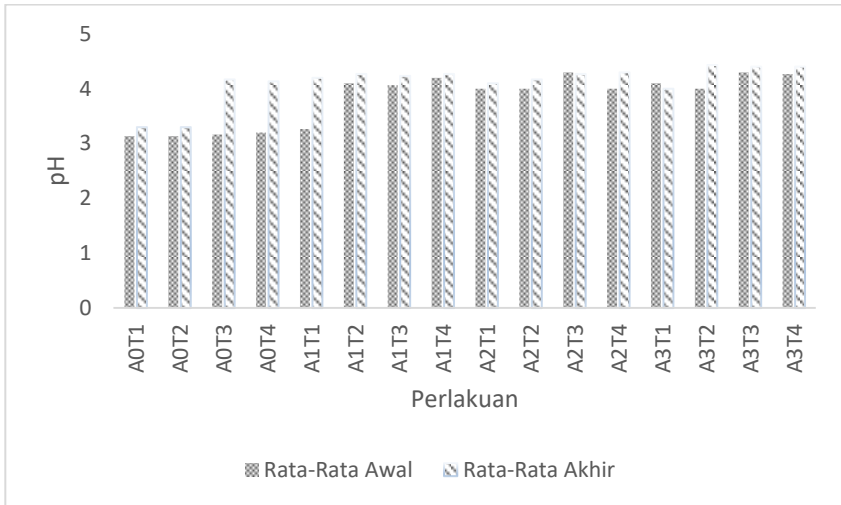
Menurut Allen (2004) tingkat adsorpsi keseluruhan dipengaruhi oleh perubahan sifat dan komponen pelarut, serta ukuran partikel dan suhu. Molekul-molekul adsorbat yang menempel pada permukaan adsorben menyebabkan terjadinya pembebasan sejumlah energi sehingga digolongkan bersifat eksoterm. Pengaruh suhu terhadap adsorpsi menunjukkan semakin rendahnya kapasitas adsorpsi ketika suhu tinggi maka terjadi melemahnya energi ikat antara adsorben dengan adsorbat.

4.5 Pengamatan pH pada Limbah Cair Penyamakan Kulit

Parameter yang dapat mempengaruhi adsorpsi ion logam dalam larutan adalah derajat keasaman (pH). Pengamatan pH pada limbah cair penyamakan kulit bertujuan untuk mengetahui perubahan pada proses adsorpsi menggunakan arang aktif *subgrade* teh hitam (*camellia sinensis*). Pada penelitian ini tidak dilakukan variasi pH. Pengukuran pH menggunakan pH meter pada pH awal dan pH akhir. Data pH awal dan pH akhir pada seluruh perlakuan dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.

Gambar 4.2 menunjukkan pH yang diamati pada setiap perlakuan selama proses adsorpsi berlangsung. Dari hasil data tersebut didapatkan kenaikan nilai pH pada pH awal dan pH akhir, dimana nilai pH awal memiliki rata-rata kurang dari 4 yaitu sebesar 3,8 dan nilai pH akhir memiliki rata-rata lebih dari 4 yaitu sebesar 4,1. Data penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai derajat keasaman mengalami kenaikan nilai dari rata-rata nilai pH rata-rata sebesar 3,8 menjadi pH rata-rata sebesar 4,1. Peningkatan pH menyebabkan pengendapan sebagai

hidroksida-hidrosikda yang tidak larut atau oksida-oksida hidrat sehingga sedikit ion logam yang dapat teradsorpsi (Pallar, 2008).



Gambar 4.2 Data Pengamatan pH

Hasil pengamatan derajat keasaman (pH) pada penelitian tersebut dilakukan analisa sidik ragam untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap perubahan nilai pH pada sampel uji. Terlihat dalam analisa sidik ragam, F Hitung interaksi A x B (jenis perlakuan arang aktif dengan waktu pengamatan) berbeda sangat nyata karena nilai F Hitung lebih besar dari F tabel 0,05. Data dapat dilihat pada **Lampiran 6**.

Analisa sidik ragam dari pengamatan pH awal mendapatkan hasil yaitu berbeda sangat nyata pada perlakuan A dan B dengan tingkat kepercayaan 5% dan 1%, data dapat dilihat pada **Lampiran 6**. Hasil yang telah diketahui tersebut dilanjutkan dalam uji BNT (Beda Nyata Terkecil) untuk mengetahui perlakuan-perlakuan mana yang memiliki perbedaan. Hasil uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4.5 Hasil Kadar Arang Aktif Aktivasi Fisika dan Kimia terhadap pH Awal

Perlakuan	Rerata	Notasi*
A0T1	3.133	a
A0T2	3.133	a
A0T3	3.166	a
A0T4	3.2	ab
A1T1	3.266	b
A1T2	4.1	cd
A1T3	4.066	cd
A1T4	4.2	d
A2T1	4	c
A2T2	4	c
A2T3	4.3	d
A2T4	4	c
A3T1	4.1	cd
A3T2	4	C
A3T3	4.3	d
A3T4	4.266	d
BNT_(0,05)	0.110	

*Bilangan rata-rata yang di dampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada P 0,05

Tabel 4.5 menunjukkan hasil notasi dari uji BNT 5% nilai pH awal selama dilakukanya pengujian. Tabel tersebut didapatkan hasil analisa pH awal pada perlakuan yang memiliki notasi yang berbeda menunjukkan bahwa perlakuan tersebut berbeda nyata seperti pada perlakuan dengan notasi a maka akan berbeda dengan notasi pada bilangan rata-rata b, c, d dan e. Perlakuan yang notasi pada bilangan rata-rata didampingi huruf yang sama artinya tidak berbeda nyata seperti perlakuan dengan notasi nilai rerata a dengan ab, b dengan ab, c dengan cd, d dengan cd, d dengan de, e dengan de, dan seterusnya. Perlakuan A0T1 dan A0T2 memiliki rata-rata pH awal sebesar 3,133 dan sama-sama bernotasi a, sehingga kedua perlakuan

tidak berbeda nyata. Perlakuan A0T3 memiliki rata-rata pH awal sebesar 3,166 dan bernotasi a, sehingga tidak berbeda nyata dari perlakuan A0T1 dan A0T2. Perlakuan A0T4 memiliki rata-rata pH awal sebesar 3,2 dan bernotasi ab, meskipun berbeda notasi dari perlakuan A0T1, A0T2, dan A0T3 tetap tidak berbeda nyata. Perlakuan A1T1 memiliki rata-rata pH awal sebesar 3,266 dan bernotasi b, sehingga berbeda nyata dengan perlakuan A0T1, A0T2, A0T3, dan A0T4. Perlakuan A1T2 memiliki rata-rata pH awal sebesar 4,1 dan perlakuan A1T3 memiliki rata-rata pH awal sebesar 4,066, kedua perlakuan tidak berbeda nyata karena sama-sama memiliki notasi cd, tetapi berbeda nyata dengan perlakuan A1T1. Perlakuan A1T4 memiliki rata-rata pH awal sebesar 4,2 dan bernotasi d, sehingga berbeda nyata dengan perlakuan A1T2 dan A1T3. Perlakuan A2T1, A2T2, dan A2T4 sama-sama memiliki rata-rata pH awal sebesar 4 bernotasi c, sehingga tidak berbeda nyata, namun berbeda nyata dengan perlakuan A1T4. Perlakuan A2T3 memiliki rata-rata pH awal sebesar 4,3 dan bernotasi c, sehingga berbeda nyata dengan perlakuan A2T1, A2T2, dan A2T4. Perlakuan A3T1 memiliki rata-rata pH awal sebesar 4,1 dan perlakuan A3T2 memiliki rata-rata pH awal sebesar 4, kedua perlakuan tidak berbeda nyata karena A3T1 memiliki notasi cd dan A3T2 memiliki notasi c., Perlakuan A3T3 memiliki rata-rata pH awal sebesar 4,3 dan bernotasi d, sehingga berbeda nyata dengan perlakuan A3T1 dan A3T2. Perlakuan A3T4 memiliki rata-rata pH awal sebesar 4,266 dan bernotasi d, sehingga tidak berbeda nyata dengan perlakuan A3T3. Derajat keasaman (pH) akhir dapat dilihat pada **Tabel 4.6**.

Tabel 4.6 menunjukkan hasil analisa pH akhir pada perlakuan yang memiliki notasi yang berbeda menunjukkan bahwa perlakuan tersebut berbeda nyata seperti pada perlakuan dengan notasi a maka akan berbeda dengan notasi pada bilangan rata-rata b, c, d dan e. Perlakuan yang notasi pada bilangan rata-rata didampingi huruf yang sama artinya tidak berbeda nyata seperti perlakuan dengan notasi nilai rerata a dengan ab, b dengan ab, c dengan cd, d dengan cd, d dengan de, e dengan de, dan seterusnya.

Tabel 4.6 Hasil Kadar Arang Aktif Aktivasi Fisika dan Kimia terhadap pH Akhir

Perlakuan	Rerata	Notasi*
A0T1	3.3	a
A0T2	3.3	a
A0T3	4.166	c
A0T4	4.133	c
A1T1	4.2	d
A1T2	4.266	d
A1T3	4.233	d
A1T4	4.266	d
A2T1	4.1	c
A2T2	4.166	c
A2T3	4.266	d
A2T4	4.3	e
A3T1	4	b
A3T2	4.433	f
A3T3	4.4	f
A3T4	4.4	f
BNT_(0,05)	0.098	

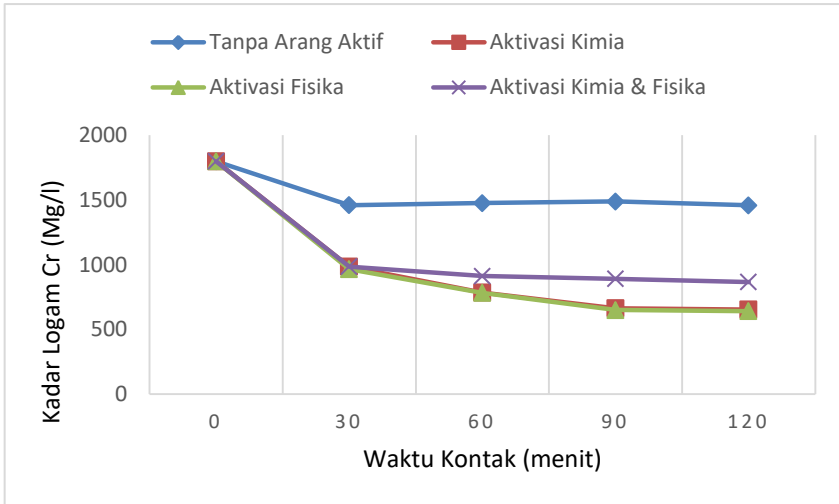
*Bilangan rata-rata yang di dampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada P 0,05

Perlakuan A0T1 dan A0T2 memiliki rata-rata pH akhir sebesar 3,3 dan sama-sama bernotasi a, sehingga kedua perlakuan tidak berbeda nyata. Perlakuan A0T3 memiliki rata-rata pH akhir sebesar 4,166 dan bernotasi c, sehingga berbeda nyata dengan perlakuan A0T1 dan A0T2. Perlakuan A0T4 memiliki rata-rata pH akhir sebesar 4,133 dan bernotasi c, sehingga tidak berbeda nyata dengan perlakuan A0T3 karena memiliki notasi sama. Perlakuan A1T1, A1T2, dan A1T3 sesuai urutan memiliki rata-rata pH akhir sebesar 4,2 , 4,266 , 4,233 dan sama-sama bernotas d, sehingga ketiga perakuan tidak berbeda nyata, namun berbeda nyata dengan perlakuan A0T4

dan A0T3. Perlakuan A1T4 memiliki rata-rata pH akhir sebesar 4,266 dan bernotasi d, sehingga tidak berbeda nyata dengan perlakuan A1T1, A1T2, dan A1T3. Perlakuan A2T1 memiliki rata-rata pH akhir sebesar 4,1 dan bernotasi c, sehingga berbeda nyata dengan perlakuan A1T4. Perlakuan A2T2 memiliki rata-rata pH akhir sebesar 4,166 dan bernotasi c, sehingga tidak berbeda nyata dengan perlakuan A2T1. Perlakuan A2T3 memiliki rata-rata pH akhir sebesar 4,266 dan bernotasi d, sehingga berbeda nyata dengan perlakuan A2T2. Perlakuan A2T4 memiliki rata-rata pH akhir sebesar 4,3 dan bernotasi e, sehingga berbeda nyata dengan perlakuan A2T3. Perlakuan A3T1 memiliki rata-rata pH akhir sebesar 4 dan bernotasi b, sehingga berbeda nyata dengan perlakuan A2T4. Perlakuan A3T2, A3T3, dan A3T4 sesuai urutan memiliki rata-rata pH akhir sebesar 4,433 , 4,4 , 4,4 dan sama-sama bernotasi f, sehingga ketiga perlakuan tidak berbeda nyata, namun berbeda nyata dengan perlakuan A3T1. Menurut Sukardjo (1989) salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah keasaman (pH) akan mempengaruhi sisi aktif biomassa serta berpengaruh pada mekanisme adsorpsi ion logam. Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No.52 Tahun 2014, nilai pH limbah cair penyamakan kulit setelah dilakukan perlakuan masih belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan sehingga perlu adanya perlakuan lanjutan.

4.6 Penentuan Waktu Kontak Maksimum Terhadap Penyerapan Kadar Cr

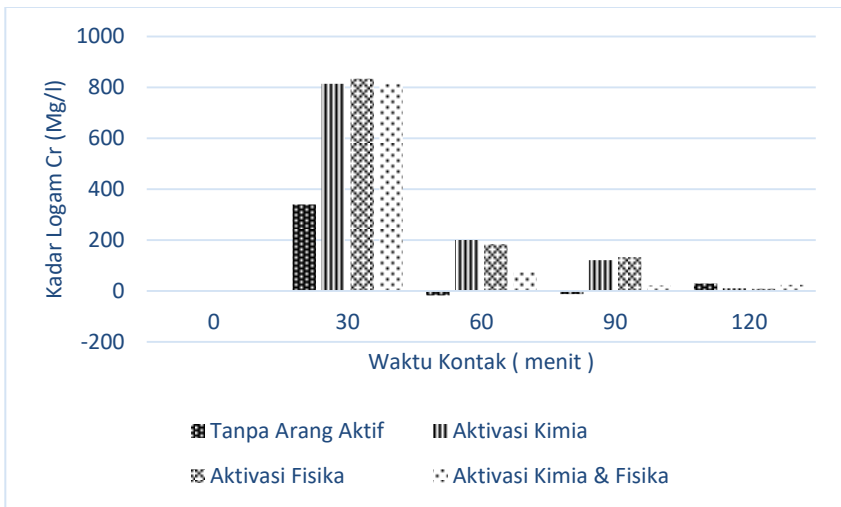
Waktu kontak merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Adsorpsi ion dari suatu zat terlarut akan meningkat apabila waktu kontakannya semakin lama. Waktu kontak yang lama memungkinkan difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih banyak. Waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses serapan logam oleh adsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam (Khasanah, 2009). Waktu kontak arang aktif yang telah diuji pada limbah cair penyamakan kulit dapat dilihat pada **Gambar 4.3** dan **Gambar 4.4**.



Gambar 4.3 Hasil Pengujian Waktu Kontak Kadar Logam Cr

Gambar 4.3 menunjukkan penurunan kadar logam Cr (*Chromium*) pada limbah cair penyamakan kulit selama pengujian. Dari tabel berikut didapatkan hasil penurunan kadar terendah logam Cr (*Chromium*) selama proses pengujian dari total waktu 120 menit adalah perlakuan tanpa menggunakan arang aktif dengan sisa nilai logam Cr (*Chromium*) sebesar 1458.143 mg/L. Penurunan kadar tertinggi logam Cr (*Chromium*) dengan total waktu 120 menit terdapat pada perlakuan yang menggunakan arang aktif aktivasi secara fisika dengan nilai sisa kadar logam Cr (*Chromium*) sebesar 640.4967 mg/L. Perlakuan menggunakan arang aktif aktivasi secara kimia juga efektif dengan nilai sisa kadar logam Cr (*Chromium*) sebesar 653.1367 mg/L pada waktu 120 menit, sementara perlakuan dengan menggunakan arang aktif campuran fisika dan kimia mempunyai sisa nilai kadar logam Cr (*Chromium*) sebesar 865.7433 mg/L pada waktu 120 menit. Perbandingan empat perlakuan tersebut perlakuan menggunakan arang aktif aktivasi secara fisika lebih efektif untuk menyerap kadar logam Cr (*Chromium*) daripada perlakuan yang lain. Hal ini terjadi

karena arang aktif aktivasi secara fisika lebih baik dalam membuka pori-pori arang saat diaktivasi sehingga permukaan arang aktif lebih lebar dan dapat menyerap lebih banyak kadar logam Cr (*Chromium*). Menurut Danarto dan Samun (2008) Proses aktivasi akan menyebabkan zat pengotor yang menyumbat pori-pori karbon akan hilang sehingga jumlah pori-pori aktif karbon semakin besar. Untuk hasil kadar logam Cr (*Chromium*) teradsorpsi pada perlakuan limbah cair penyamakan kulit dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4 Hasil Pengujian Kadar Teradsorpsi Kadar Logam Cr

Gambar 4.4 menunjukkan waktu kontak dan logam teradsorpsi arang aktif yang diamati selama proses adsorpsi berlangsung. Gambar tersebut menunjukkan hasil waktu kontak maksimum logam Cr yang teradsorpsi oleh arang aktif *subgrade* teh terjadi pada waktu kontak 30 menit dengan jumlah logam yang teradsorpsi sebesar 339.21 mg/gr untuk perlakuan tanpa arang aktif, 814.16 mg/gr untuk perlakuan arang aktif dengan aktivasi kimia, 833.90 mg/gr untuk perlakuan arang aktif dengan aktivasi fisika, dan 813.40 mg/gr untuk perlakuan arang aktif dengan aktivasi kimia & fisika. Waktu 60 menit jumlah logam yang teradsorpsi sudah mulai menurun seperti hasil uji pada

Gambar 4.4 dimana jumlah logam malah bertambah sebesar 16.85 mg/gr untuk perlakuan tanpa arang aktif, teradsorpsi sebesar 199.99 mg/gr untuk perlakuan arang aktif dengan aktivasi kimia, teradsorpsi sebesar 183.27 mg/gr untuk perlakuan arang aktif dengan aktivasi fisika, teradsorpsi sebesar 72.69 mg/gr untuk perlakuan arang aktif dengan aktivasi kimia & fisika. Waktu 90 menit jumlah logam yang teradsorpsi semakin menurun dimana jumlah logam malah bertambah sebesar 11.76 mg/gr untuk perlakuan tanpa arang aktif, teradsorpsi sebesar 121.2 mg/gr untuk perlakuan arang aktif dengan aktivasi kimia, teradsorpsi sebesar 131.82 mg/gr untuk perlakuan arang aktif dengan aktivasi fisika, teradsorpsi sebesar 22.19 mg/gr untuk perlakuan arang aktif dengan aktivasi kimia & fisika. Setelah 120 menit daya serap adsorpsi semakin menurun dimana jumlah logam yang teradsorpsi sebesar 29.73 mg/gr untuk perlakuan tanpa arang aktif, teradsorpsi sebesar 9.98 mg/gr untuk perlakuan arang aktif dengan aktivasi kimia, teradsorpsi sebesar 8.99 mg/gr untuk perlakuan arang aktif dengan aktivasi fisika, teradsorpsi sebesar 24.44 mg/gr untuk perlakuan arang aktif dengan aktivasi kimia & fisika. Gambar tersebut menunjukkan bahwa proses adsorpsi kadar logam Cr oleh arang aktif *subgrade* teh hitam mencapai waktu kontak maksimum pada rentang waktu 30 menit. Waktu maksimum tercapai bilamana peningkatan kadar Cr yang teradsorpsi mencapai titik maksimalnya sehingga penambahan waktu kontak tidak akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pengurangan kadar Cr dalam sampel, lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran 8**.

Penentuan persentase penurunan logam ditentukan dengan menghitung daya reduksi. Presentase didapatkan dari selisih kadar logam Cr awal dengan kadar logam Cr setiap perlakuan dibagi kadar logam Cr awal sebesar 1798 mg/L dan dikalikan 100%. Pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil seperti pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7 Daya Reduksi Arang Aktif Terhadap Logam Cr di Setiap Perlakuan

Perlakuan	Kadar (Mg/L)	Efisiensi (%)
A0T1	1459.263	19
A0T2	1476.116	-0.1
A0T3	1487.876	-0.07
A0T4	1458.143	0.2
A1T1	984.306	4.5
A1T2	784.32	20
A1T3	663.12	1.5
A1T4	653.136	1.5
A2T1	964.576	46
A2T2	781.303	19
A2T3	649.486	16
A2T4	640.496	0.1
A3T1	985.07	45
A3T2	912.38	0.7
A3T3	890.186	0.2
A3T4	865.743	0.2

Sumber : Hasil Pengujian, 2017

Tabel 4.7 menunjukkan hasil kadar akhir logam Cr (*Chromium*) pada limbah cair penyamakan kulit setelah dilakukan perlakuan. Data tersebut menunjukkan adanya penurunan kadar logam Cr (*Chromium*) yang signifikan pada limbah cair penyamakan kulit. Dimana penurunan kadar tertinggi pada perlakuan arang aktif aktivasi fisika dengan waktu 30 menit (A2T1) sebesar 46%. Perlakuan A2T1 dapat menurunkan kadar logam Cr paling efisien dikarenakan arang aktif aktivasi secara fisika memiliki pori-pori yang terbuka lebih besar sehingga luas permukaan arang lebih lebar dan dapat dengan mudah menyerap kadar logam Cr daripada aktivasi secara kimia dan campuran. Untuk penurunan kadar yang terendah adalah perlakuan tanpa menggunakan arang aktif *subgrade* teh hitam pada waktu 60 menit (A0T2) yaitu sebesar -0,1%.

Hasil pengujian dari limbah cair setelah diberi perlakuan kemudian dilakukan analisa sidik ragam untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap nilai akhir kadar logam Cr(*Chromium*). Terlihat dalam analisa sidik ragam, F hitung interaksi A x B (jenis perlakuan arang aktif dengan waktu pengamatan) berbeda sangat nyata karena nilai F hitung lebih besar dari F tabel 0,05, data dapat dilihat pada **Lampiran 7**.

Hasil analisa sidik ragam dari hasil uji adsorpsi logam Cr dengan menggunakan karbon aktif *subgrade* teh hitam, mendapatkan hasil yaitu berbeda sangat nyata dengan tingkat kepercayaan 5% dan 1%. Hasil tersebut akan dilanjutkan dalam uji BNT untuk mengetahui perlakuan-perlakuan mana yang memiliki perbedaan. Hasil uji BNT akan ditampilkan pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 menunjukkan hasil analisa kadar logam Cr pada perlakuan yang memiliki notasi yang berbeda menunjukkan bahwa perlakuan tersebut berbeda nyata seperti pada perlakuan dengan notasi a maka akan berbeda dengan notasi pada bilangan rata-rata b, c, d dan e. Perlakuan yang notasi pada bilangan rata-rata didampingi huruf yang sama artinya tidak berbeda nyata seperti perlakuan dengan notasi nilai rerata a dengan ab, b dengan ab, c dengan cd, d dengan cd, d dengan de, e dengan de, dan seterusnya.

Perlakuan A0T1, A0T2, dan A0T4 sesuai urutan memiliki rata-rata kadar logam Cr sebesar 1459,26 , 1476,12 , dan 1458,14 serta sama-sama bernotasi e, sehingga ketiga perlakuan tidak berbeda nyata. Perlakuan A0T3 memiliki rata-rata kadar logam Cr sebesar 1487,88 dan bernotasi ef, sehingga tidak berbeda nyata dengan perlakuan A0T1, A0T2, dan A0T4.

Perlakuan A1T1 memiliki rata-rata kadar logam Cr sebesar 984,307 dan bernotasi d, sehingga berbeda nyata dengan perlakuan A0T1, A0T2, A0T3, dan A0T4. Perlakuan A1T2 memiliki rata-rata kadar logam Cr sebesar 784,32 dan bernotasi b, sehingga berbeda nyata dengan perlakuan A1T1. Perlakuan A1T3 memiliki rata-rata kadar logam Cr sebesar 663,12 dan bernotasi ab, sehingga berbeda nyata dengan Perlakuan A1T2. Perlakuan A1T4 memiliki rata-rata kadar

logam Cr sebesar 653,137 dan bernotasi a, sehingga tidak berbeda nyata dengan perlakuan A1T3.

Tabel 4.8 Hasil Kadar Arang Aktif Aktivasi Fisika dan Kimia terhadap Logam Cr (*Chromium*) Limbah Penyamakan Kulit

Perlakuan	Rerata	Notasi*
A0T1	1459.26	e
A0T2	1476.12	e
A0T3	1487.88	ef
A0T4	1458.14	e
A1T1	984.307	d
A1T2	784.32	b
A1T3	663.12	ab
A1T4	653.137	a
A2T1	964.577	d
A2T2	781.303	b
A2T3	649.487	a
A2T4	640.497	a
A3T1	985.07	d
A3T2	912.38	c
A3T3	890.187	c
A3T4	865.743	c
BNT(0,05)	42.038	

*Bilangan rata-rata yang di dampingi huruf yang sama tidak berbeda nyata pada P 0,05

Perlakuan A2T1 memiliki rata-rata kadar logam Cr sebesar 964,577 dan bernotasi d, sehingga berbeda nyata dengan perlakuan A1T4. Perlakuan A2T2 memiliki rata-rata kadar logam Cr sebesar 781,303 dan bernotasi b, sehingga berbeda nyata dengan perlakuan A2T1. Perlakuan A2T3 dan A2T4 sesuai urutan memiliki rata-rata kadar logam Cr sebesar 649,487 dan 640,497 serta bernotasi a, sehingga kedua

perlakuan tidak berbeda nyata, namun berbeda nyata dengan perlakuan A2T2.

Perlakuan A3T1 memiliki rata-rata kadar logam Cr sebesar 985,07 dan bernotasi d, sehingga berbeda nyata dengan perlakuan A2T3 dan A2T4. Perlakuan A3T2, A3T3, dan A3T4 sesuai urutan memiliki rata-rata kadar logam Cr sebesar 912,38 , 890,187 , 865,743 dan sama-sama bernotasi c, sehingga ketiga perlakuan tidak berbeda nyata, namun berbeda nyata dengan perlakuan A3T1

Waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses serapan logam oleh adsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam (Khasanah, 2009). Jumlah zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben merupakan proses berkesetimbangan, sebab laju peristiwa adsorpsi disertai dengan terjadi desorpsi. Pada awal reaksi, peristiwa adsorpsi lebih dominan dibandingkan dengan peristiwa desorpsi, sehingga adsorpsi berlangsung cepat.

Waktu tertentu peristiwa adsorpsi cenderung berlangsung lambat pada keadaan berkesetimbangan tidak teramati perubahan secara makroskopis. Waktu tercapainya keadaan setimbang pada proses adsorpsi adalah berbeda-beda, hal ini dipengaruhi oleh jenis interaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat. Secara umum, waktu tercapainya kesetimbangan adsorpsi melalui mekanisme secara fisika (*physisorption*) lebih cepat dibandingkan dengan melalui mekanisme secara kimia (*chemisorptions*) (Castellans, 1982). Hal ini sesuai dengan hasil pengujian dimana perlakuan arang aktif yang diaktivasi secara fisika lebih banyak mengadsorpsi kadar logam Cr (*Chromium*) pada limbah cair industri penyamakan kulit pada waktu kontak 30 menit. Namun Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Limbah Industri, hasil kadar Cr total akhir dari limbah cair penyamakan kulit yang sudah melalui proses adsorpsi belum memenuhi standar baku mutu, dimana standar baku mutu limbah yang diizinkan untuk dibuang ke badan air untuk parameter krom total adalah 0.5mg/L, maka dari itu perlu adanya *treatment* lanjutan untuk mengurangi kadar krom total agar dapat memenuhi standart baku mutu yang

diizinkan. Salah *treatment* yang dapat dilakukan adalah dengan bioremediasi. Prinsipnya bioremediasi merupakan proses biodegradasi yang disengaja untuk mengeliminasi pencemar lingkungan dari tempat dimana pencemar tersebut terlepas. Bioremediasi logam berat dalam limbah industri oleh mikroba dapat dilakukan karena beberapa mikroba memiliki mekanisme detoksifikasi logam berat. Mekanisme detoksifikasi yang dapat dilakukan oleh bakteri, salah satunya yaitu dengan biosorpsi. Biosorpsi merupakan penghilangan metal atau jenis metaloid, senyawaan, dan partikulat, radionuklida, senyawa organometaloid dari larutan melalui interaksi secara fisikawi dan kimiawi dengan material biologi. Biosorpsi adalah kemampuan mikroorganisme (baik hidup maupun mati) untuk mengakumulasi logam berat dari limbah cair (Martino., *dkk*, 2013).