

ANALISIS EFEK PENGGUNAAN ARANG CANGKANG BIJI KOPI TERHADAP PENYERAPAN POLUTAN (CO DAN CO₂) ASAP PENGELOMAN DI RUANG KERJA YANG BERDEKATAN DENGAN BENGKEL LAS

Arif Fahrudin¹

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta
Jl. Meruya Selatan No. 1, Kembangan, Jakarta Barat 11650, Indonesia

E-mail: ariftledekan104833@gmail.com

Abstrak-- Polutan merupakan masalah di beberapa tempat seperti ruang lingkup kerja yang berdekatan dengan bengkel las. Penyebab timbulnya masalah kualitas udara dalam ruangan kerja pada umumnya disebabkan gas CO dan CO₂ yang disebabkan oleh asap pengelasan. Penelitian ini memanfaatkan limbah kopi yaitu arang karbon cangkang biji kopi yang diaktivasi menggunakan larutan HCl 3% dan ZnCl₂ 10%. Penyerapan pada polutan CO arang karbon yang teraktivasi larutan HCl 3% memberikan penyerapan 6 ppm, sedangkan arang karbon yang teraktivasi larutan ZnCl₂ 10% mampu menyerap 9,4 ppm. Penyerapan pada polutan CO₂ arang karbon yang teraktivasi larutan HCl 3% memberikan penyerapan 569,8 ppm, sedangkan arang karbon yang teraktivasi larutan ZnCl₂ 10% mampu menyerap 589,6 ppm. Proses penyerapan juga dipengaruhi oleh banyaknya jumlah arang karbon yang diaplikasikan di dalam ruangan. Dari hasil yang diperoleh karbon aktif yang diaktivasi larutan HCl 3% dan ZnCl₂ 10% dijelaskan bahwa arang karbon yang teraktivasi larutan HCl 3% memberikan penyerapan polutan yang baik bila dibandingkan dengan larutan ZnCl₂ 10% pada penyerapan polutan CO dan CO₂.

Kata kunci: Polutan udara, arang cangkang biji kopi, larutan HCl 3% dan ZnCl₂ 10%, CO dan CO₂.

Abstract-- Pollutants are a problem in some places such as working areas adjacent to welding workshops. The cause of air quality problems in the workspace is generally caused by CO and CO₂ gases caused by welding fumes. This research utilizes coffee waste, namely coffee bean shell carbon charcoal which is activated using a HCl 3% solution and ZnCl₂ 10%. The absorption of CO pollutant activated carbon charcoal in HCl 3% solution gave an absorption of 6 ppm, while the activated carbon charcoal in a ZnCl₂ 10% solution was able to absorb 9.4 ppm. The absorption of CO₂ pollutant activated carbon charcoal in HCl 3% solution gave an absorption of 569.8 ppm, while carbon charcoal activated by a ZnCl₂ 10% solution was able to absorb 589.6 ppm. The absorption process is also influenced by the amount of carbon charcoal applied in the room. From the results obtained activated carbon activated by HCl 3% solution and ZnCl₂ 10%, it was explained that activated carbon charcoal in HCl 3% solution provided good pollutant absorption when compared to ZnCl₂ 10% solution for CO and CO₂ pollutant absorption.

Keywords: Air pollutant, coffee bean shell charcoal, solvent HCl 3% and ZnCl₂ 10%, CO and CO₂.

1. PENDAHULUAN

Polutan udara di dalam ruangan terutama rumah sangat berdampak buruk bagi kesehatan tubuh manusia, karena pada umumnya orang lebih banyak menghabiskan waktu untuk melakukan aktifitas di dalam ruangan. Udara merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan umat manusia. Udara yang bersih sudah menjadi kebutuhan penting manusia untuk menjalankan aktifitas sehari-hari. Akan tetapi akhir-akhir ini kondisi kualitas udara sangat memprihatinkan. Kualitas kandungan di udara sangat dipengaruhi dari berbagai sumber polutan yang ada seperti seiringnya dengan aktivitas populasi manusia. Seiring dengan perkembangan teknologi yang terjadi, kualitas udara telah mengalami perubahan yang sangat signifikan. Polutan udara sekarang ini dengan

berbagai perkembangan dan kemajuan di berbagai aspek kehidupan, menimbulkan beberapa dampak negatif yang sangat berpengaruh terhadap kesehatan manusia [1].

Di dalam penelitian itu asap polutan gas CO dan CO₂ adalah suatu partikel kecil di udara yang berasal dari pembakaran tidak sempurna dari suatu bahan bakar. Asap pada umumnya merupakan suatu jenis polutan yang tidak diinginkan. Dalam asap pengelasan terdapat kandungan polutan berbahaya seperti debu dan gas, kandungan tersebut dapat menimbulkan iritasi terhadap saluran pernafasan manusia. Asap atau debu merupakan salah satu polutan yang dapat menimbulkan gangguan kenyamanan ketika sedang beraktifitas, yang bisa menimbulkan beberapa gangguan seperti penglihatan, gangguan fungsi paru-paru bahkan

dampak keracunan. Polutan tersebut biasanya bisa terlihat pada setiap operasi pengelasan atau saat mesin las bekerja. Asap ini terdiri dari komponen yang dihasilkan dari elektroda dan logam pada saat proses pengelasan sehingga menimbulkan polutan polutan gas CO dan CO₂ [2].

Penelitian itu menggunakan arang cangkang biji kopi sebagai penyerapan polutan gas CO dan CO₂ yang diaktivasi karbon dengan dua cara berbeda yaitu menggunakan larutan HCl dan larutan ZnCl₂. Hal ini bertujuan untuk menilai perbedaan metode aktivasi dan pengaruhnya terhadap kemampuan penyerapan karbon aktif. Karbon direndam dalam masing-masing larutan dengan ratio 1:5 selama 3 jam. Tahapan selanjutnya disaring dan kemudian dicuci menggunakan larutan aquabides dan dikeringkan ke dalam oven dengan temperatur suhu 108°C selama kurang lebih 3 jam sebelum arang karbon aktif tersebut digunakan. Arang cangkang biji kopi dapat dimanfaatkan menjadi bahan dasar untuk membuat arang karbon aktif sehingga dapat pendapatan dari limbah pertanian yang belum termanfaatkan. Pemanfaatan karbon aktif dari cangkang biji kopi dapat dijadikan sebagai adsorben penyerap polutan CO dan CO₂ [3].

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan [3], kulit cangkang biji kopi dimanfaatkan dan dijadikan sebagai arang karbon aktif. Pemanfaatan arang karbon aktif tersebut digunakan sebagai adsorben penyerap polutan emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor, sehingga pemanfaatan arang karbon cangkang biji kopi dapat menurunkan emisi gas buang CO sebesar 6,62-39,02% dan emisi gas buang Nox sebesar 13,08-39,05%.

Dalam proses penyerapan emisi gas buang kendaraan memerlukan arang karbon yang telah diaktivasi dengan larutan HCl 3% dan larutan ZnCl₂ 10%. Pada larutan HCl 3% memberikan penurunan emisi gas buang CO dan NOx yang sangat baik jika dibandingkan dengan arang karbon yang telah diaktivasi menggunakan larutan ZnCl₂ 10% [3].

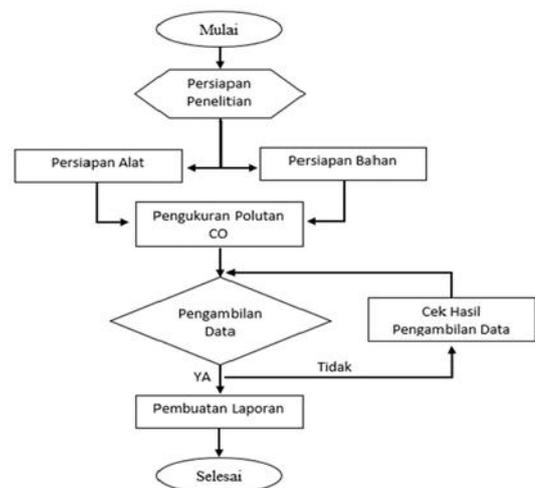
Berdasarkan penelitian sebelumnya penulis tertarik untuk melakukan penelitian arang karbon aktif yang telah diaktivasi untuk diaplikasikan sebagai penyerapan polutan CO dan CO₂ yang disebabkan oleh asap gas pengelasan.

Tujuan dari analisis ini adalah mengetahui efek penggunaan arang cangkang biji kopi terhadap penyerapan polutan gas CO dan CO₂ dari mesin las di tempat kerja yang bersebelahan dengan

bengkel las. Selanjutnya juga mengaplikasikan arang cangkang biji kopi yang telah diaktivasi dengan larutan HCl 3% dan larutan ZnCl₂ 10% sebagai penyerapan polutan gas CO dan CO₂, di karenakan analisis penggunaan biji kopi sebagai penyerap polutan masih jarang penggunaannya.

2. METODOLOGI

Pelaksanaan penelitian ini dibuat untuk mengetahui efek arang cangkang biji kopi sebagai penyerapan polutan CO dan CO₂ asap pengelasan di tempat kerja yang berdekatan dengan bengkel las. Proses penelitian ini digambarkan dengan diagram alir sebagai berikut:



Gambar 1. Proses Analisis

Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis regresi yang mana arang karbon cangkang biji kopi yang akan diaktivasi menggunakan larutan HCl 3% dan larutan ZnCl₂ 10% digunakan sebagai variabel dalam penelitian ini. Dalam metodologi penelitian ini akan membandingkan efek kedua arang karbon yang sudah diaktivasi dan akan dilakukan pengujian terhadap penyerapan polutan CO dan CO₂. Sehingga akan diperoleh hasil perbandingan di setiap arang karbon cangkang biji kopi yang telah diaktivasi. Dan langkah hasil terakhir menentukan persamaan dari analisis regresi linier sederhana tersebut. Adapun langkah-langkah pembuatan analisis regresi linier sederhana disimpulkan sebagai berikut :

- a. Menentukan tujuan.
- b. Mengidentifikasi variabel-variabel yang terikat.
- c. Melakukan pengumpulan data.

- d. Menghitung nilai x^2 , y^2 , xy dan total nilai tersebut.
- e. Menghitung nilai a dan b menggunakan rumus ($y = a+bx$).
- f. Melakukan prediksi hubungan diantara variabel *predictor* atau *response*.

2.1 Alat Dan Bahan

Dalam melakukan analisis efek arang cangkang biji kopi sebagai penyerapan polutan diperlukan beberapa alat dan bahan yang akan dibutuhkan, alat dan bahan tersebut meliputi:

a. *Detector Air Quality*

Detector Air Quality merupakan suatu perangkat alat uji untuk mengukur dan memonitor kualitas udara, dengan menggunakan alat ini dapat diketahui tingkat kualitas udara sehingga didapatkan data yang bisa diambil.



Gambar 2. *Detector Air quality*

b. Timbangan *Digital*

Timbangan *Digital* merupakan alat yang digunakan sebagai pengukuran untuk mengukur suatu berat atau beban maupun massa. Timbangan ini dipergunakan untuk mengukur berat arang cangkang biji kopi yang akan digunakan.



Gambar 3. Timbangan *Digital*

c. Cawan

Cawan ini dimaksudkan untuk menaruh arang cangkang biji kopi yang akan diletakkan di setiap sudut-sudut ruangan.



Gambar 4. Cawan

d. Arang Cangkang Biji Kopi

Arang cangkang biji kopi dilakukan karbonisasi dengan cara memanaskan di dalam oven pada suhu 450°C selama 30 menit. Kemudian dilakukan tahap aktivasi karbon dengan dua cara yang berbeda yaitu menggunakan larutan HCl 3% dan larutan ZnCl₂ 10% dan direndam dalam masing-masing larutan tersebut dengan perbandingan 1:5 selama kurun waktu 3 jam. Setelah itu tahap selanjutnya disaring dan dicuci menggunakan larutan *aquabides* dan kembali dikeringkan di dalam oven pada temperatur suhu 108°C selama kurun waktu 3 jam sebelum digunakan [3].



Gambar 5. Arang cangkang biji kopi

- e. Larutan HCl 3% dan Larutan ZnCl₂ 10%
Larutan aktivator ZnCl₂ 10% merupakan jenis larutan yang memiliki sifat higroskopis lebih tinggi dibandingkan dengan larutan aktivator HCl 3% sehingga kandungan kadar air pada karbon aktif (ZnCl₂ 10%) menjadi lebih rendah dibandingkan dengan karbon aktif (HCl 3%). Untuk kandungan kadar abu pada karbon aktif (HCl 3%) lebih sedikit atau rendah jika dibandingkan karbon aktif (ZnCl₂ 10%) [3].



Gambar 6. Larutan $ZnCl_2$ 10%



Gambar 7. Larutan HCl 3%

f. Larutan *Aquabides*

Larutan ini sering dipakai di dalam laboratorium untuk untuk mencuci alat, *aquadest/aquabides* juga digunakan sebagai pelarut bahan-bahan kimia padatan/serbuk yang akan dibuat menjadi larutan. Hal ini disebabkan *aquadest* merupakan pelarut yang *universal* (umum) dan kebanyakan bahan-bahan kimia padat/serbuk larut dalam air sehingga sangat cocok dengan *aquades*.



Gambar 8 *Aquabides*

2.2 Hasil Karbonisasi

Hasil dari karbonisasi kulit cangkang biji kopi dari yang semula berwarna coklat berubah menjadi karbon berwarna hitam yang telah dioven dengan suhu 400-450°C selama kurang lebih 30 menit ditunjukkan pada Gambar 9.



Setelah melalui tahap pengovenan kemudian dilanjutkan dengan aktivasi menjadi karbon aktif dengan dua macam larutan. Perbedaan karakteristik diantara kedua karbon aktif dapat dikarenakan perbedaan karakteristik dari larutan aktivator, yaitu dengan pencampuran arang cangkang biji kopi dengan larutan HCl 3% dan pencampuran arang cangkang biji kopi dengan larutan $ZnCl_2$ 10%. Kemudian dicuci menggunakan larutan *aquades* untuk menghilangkan sisa-sisa ion, setelah dilakukan pencucian kemudian dioven kembali dengan suhu 108°C selama kurang lebih 2-3jam sebelum digunakan ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Suhu Pengeovenan

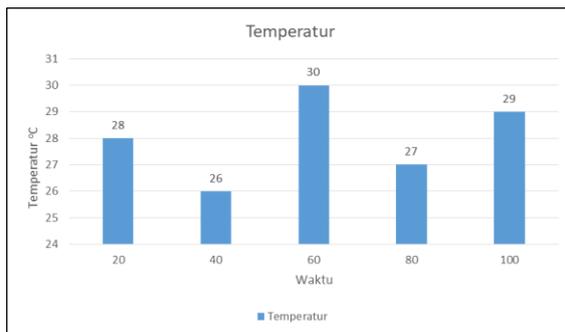
Analisis terhadap penyerapan polutan CO dan CO_2 yang dihasilkan oleh asap pengelasan ini dilakukan di ruang kerja. Pengukuran dan pengambilan data dilakukan dengan variasi perbedaan waktu selama lima tahap (20, 40, 60, 80, 100 menit) dan pengukuran kondisi ruangan diletakkan arang karbon cangkang biji kopi dan diletakkan arang karbon aktif cangkang biji kopi yang sudah teraktivasi larutan HCl 3% dan larutan $ZnCl_2$ 10%. Pada gambar 11, dapat dilihat arang karbon yang sedang diaktivasi larutan HCl 3% dan larutan $ZnCl_2$ 10% yang direndam kurang lebih 3 jam.



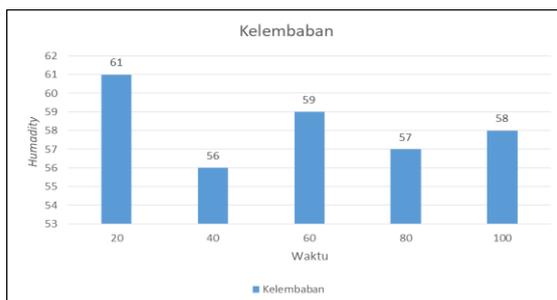
Gambar 11. Proses aktivasi larutan

2.3 Data Kelembaban

Dalam pengujian karbon aktif arang cangkang biji kopi ini dilakukan pengambilan data temperatur dan kelembaban suhu ruangan saat melakukan penelitian. Data analisis tersebut diambil secara bersamaan dengan waktu penelitian pengambilan data penyerapan CO dan CO₂ dengan menggunakan karbon aktif cangkang biji kopi yang dilakukan secara bertahap dan dalam kurun waktu tertentu, dari gambar 12 dan 13 dapat dilihat grafik perbedaan temperatur dan kelembaban ruangan dalam waktu yang berbeda-beda.



Gambar 12. Data Suhu Temperatur



Gambar 13. Data Suhu Kelembaban

Dalam grafik temperatur dan kelembaban ruangan tidak stabil yang disebabkan karena di dalam ruangan tersebut hanya menggunakan kipas, dan naik turunnya suhu ruangan dikarenakan aktifitas di luar ruangan seperti aktifitas pengelasan.

3. ANALISIS PENYERAPAN AWAL CO DAN CO₂

Pada analisis ini digunakan analisis regresi linier sederhana, Analisis penyerapan CO dan CO₂ ini dilakukan dengan menggunakan dua variabel yaitu arang karbon yang teraktivasi larutan HCl 3% dan arang karbon yang teraktivasi larutan ZnCl₂ 10% terhadap penyerapan polutan CO dan CO₂. Untuk analisis efek penggunaan arang cangkang biji kopi ini dilakukan lima kali pengambilan data dalam waktu 100 menit. Arang cangkang biji kopi tersebut nantinya akan diperoleh perbandingan rata-rata perbedaan penyerapan polutan CO dan CO₂. Dan langkah hasil terakhir menentukan persamaan dari analisis regresi linier sederhana tersebut. Adapun langkah-langkah pembuatan analisis regresi linier sederhana disimpulkan sebagai berikut :

- Menentukan tujuan.
- Mengidentifikasi variabel-variabel yang terikat
- Melakukan pengumpulan data.
- Menghitung nilai x², y², xy dan total nilai tersebut.
- Menghitung nilai a dan b menggunakan rumus (y = a+bx).
- Melakukan prediksi hubungan diantara variabel *predictor* atau *response*.

Sebelum dilakukan pengambilan data penyerapan polutan CO dan CO₂ dilakukan pengambilan data awal yaitu data di mana ruangan dalam kondisi normal ataupun standar tanpa diletakkan arang karbon aktif cangkang biji kopi. Pengukuran ini diambil dengan menggunakan *Air Quality Detector* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Awal Ruangan

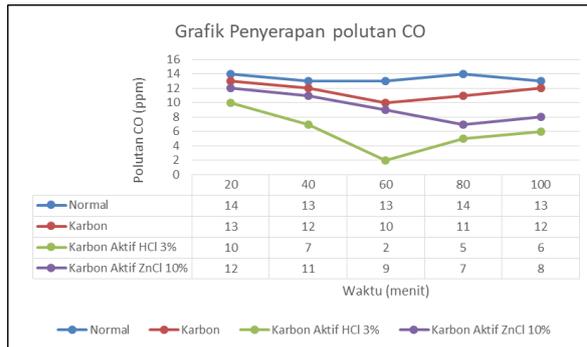
Jenis Polutan	Pengukuran Awal
CO	15 ppm
CO ₂	674 ppm

3.1 Hasil Penyerapan CO Dengan Larutan HCl 3% dan ZnCl 10%

Penyerapan polutan gas CO pada karbon dan karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 14. Kadar polutan gas CO dengan karbon sebelum teraktivasi, semakin lama akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan bahwa arang cangkang biji kopi mulai jenuh sehingga

penyerapan polutan CO semakin berkurang dan lama kelamaan tidak terjadi suatu penyerapan polutan CO sama sekali.

Penurunan polutan CO menggunakan arang cangkang biji kopi yang teraktivasi HCl 3% lebih tinggi dibandingkan penurunan yang hanya menggunakan arang cangkang biji kopi yang belum teraktivasi. Penurunan polutan CO dengan menggunakan arang cangkang biji kopi yang sudah teraktivasi larutan HCl 3% memberikan penyerapan polutan CO rata-rata dalam kurun waktu 100 menit sebesar 6 ppm (6.874 mg/m³).



Gambar 14. Data Penyerapan CO

Sedangkan penurunan polutan CO menggunakan arang cangkang biji kopi yang teraktivasi ZnCl₂ 10% jauh lebih baik jika dibandingkan penurunan yang hanya menggunakan arang cangkang biji kopi yang belum teraktivasi. Penyerapan rata-rata menggunakan arang cangkang biji kopi yang sudah tercampur larutan ZnCl₂ 10% sebesar 9,4 ppm (10.769 mg/m³). Arang karbon cangkang biji kopi yang teraktivasi larutan HCl 3% mampu menurunkan polutan CO yang lebih baik jika dibandingkan dengan arang karbon cangkang biji kopi yang teraktivasi menggunakan ZnCl₂ 10%.

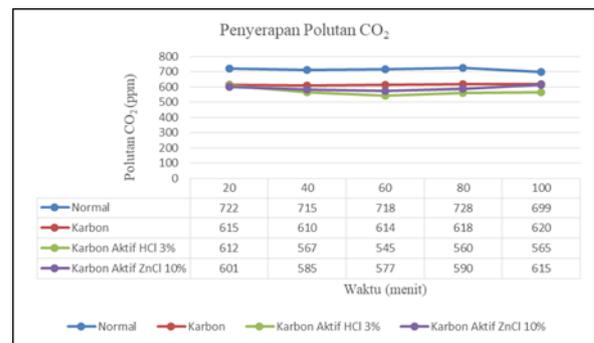
3.2 Hasil Penyerapan CO₂ Dengan Larutan HCl 3% dan ZnCl 10%

Penyerapan polutan CO₂ dengan karbon arang cangkang biji kopi sebelum teraktivasi, semakin lama semakin meningkat secara sedikit. Hal ini dikarenakan terjadinya penyerapan walaupun tidak teraktivasi dengan larutan kimia. Penurunan polutan kandungan polutan CO₂ menggunakan karbon arang cangkang biji kopi yang telah diaktivasi lebih tinggi dibandingkan penurunan polutan kandungan CO₂ yang hanya menggunakan karbon arang cangkang biji kopi yang belum diaktivasi.

Penurunan polutan CO₂ menggunakan arang cangkang biji kopi yang teraktivasi HCl 3% memberikan penyerapan yang baik. Penyerapan

polutan gas CO₂ dengan menggunakan karbon yang diaktivasi dengan larutan HCl 3% memberikan penyisihan rata-rata polutan gas CO₂ sebesar 569,8 ppm (652.768 mg/m³).

Sedangkan penurunan polutan CO₂ menggunakan arang cangkang biji kopi yang teraktivasi ZnCl₂ 10% lebih baik dibandingkan penurunan yang hanya menggunakan arang cangkang biji kopi yang belum teraktivasi seperti gambar 15. Rata-rata penyerapan polutan gas CO₂ menggunakan karbon yang telah diaktivasi dengan larutan ZnCl₂ 10% sebesar 589,6 ppm (1061.285 mg/m³).



Gambar 15. Data Penyerapan CO₂

3.3 Analisis Pengujian Penyerapan Polutan CO dan CO₂

Hasil penyerapan polutan asap pengelasan CO menggunakan karbon aktif lebih baik penyerapannya daripada adsorben karbon yang belum diaktivasi. Dalam analisis penelitian ini dapat disimpulkan bahwa larutan HCl 3% menunjukkan daya aktivator yang lebih baik dibandingkan dengan larutan ZnCl₂ 10%.

Tabel 2. Hasil rata-rata penyerapan polutan CO

Media adsorben	Lama waktu (menit)	Rata-rata polutan CO (ppm)
Karbon	100	11.6
Karbon aktif HCl 3%	100	6
Karbon aktif ZnCl₂10%	100	9.4

Pada data yang diambil seperti pada tabel 2, menjelaskan data rata-rata perolehan dalam pengambilan 100 menit, data penyerapan polutan CO untuk media kosong tanpa peletakan arang karbon menunjukkan rata-rata polutan 13,4 ppm. Kemudian diletakkan arang karbon cangkang biji kopi yang tanpa diaktivasi menunjukkan rata-rata sebesar 11,6 ppm, kemudian langkah berikutnya diletakkan media arang karbon aktif yang sudah diaktivasi larutan HCl 3% mendapatkan hasil rata-rata 6 ppm. Langkah terakhir diletakkan media arang karbon aktif yang sudah diaktivasi larutan ZnCl₂ 10% mendapatkan hasil 9,4 ppm dalam kurun waktu 100 menit. Dalam pengambilan data tersebut dapat disimpulkan bahwa arang cangkang karbon aktif yang teraktivasi larutan HCl 3% memiliki daya penyerapan yang lebih baik jika dibandingkan dengan larutan yang teraktivasi larutan ZnCl₂ 10% maupun arang karbon yang tanpa diaktivasi.

Tabel 3. Hasil rata-rata penyerapan polutan CO₂

Media adsorben	Lama waktu (menit)	Rata-rata polutan CO ₂ (ppm)
Karbon	100	614,5
Karbon aktif HCl 3%	100	569,8
Karbon aktif ZnCl ₂ 10%	100	589,6

Pada tabel 3 dijelaskan pengambilan rata-rata penyerapan polutan CO₂ dalam kurun waktu 100 menit. Dari tabel tersebut pada media kosong atau tanpa diletakkan arang karbon aktif menunjukkan rata-rata polutan sebesar 716,4 ppm, kemudian dilanjutkan dengan peletakan arang karbon yang tanpa diaktivasi oleh larutan menunjukkan rata-rata polutan sebesar 614,5 ppm. Untuk langkah selanjutnya diletakkan dengan media arang karbon aktif yang sudah diaktivasi oleh larutan HCl 3% menunjukkan rata-rata penyerapan polutan 569,8 ppm, dan langkah terakhir dilakukan peletakan dengan media arang karbon aktif yang teraktivasi larutan ZnCl₂ 10% menunjukkan penyerapan polutan dengan rata-rata 589,6 ppm.

Dari data yang diambil dengan media arang karbon yang tanpa diaktivasi dengan arang karbon yang teraktivasi larutan HCl 3% dan larutan ZnCl₂ 10% menunjukkan bahwa larutan yang teraktivasi larutan HCl 3% memiliki daya penyerapan yang lebih baik. Karena memiliki rata-rata daya penyerapan yang paling rendah

sebesar 569,8 ppm dalam kurun waktu 100 menit.

3.4 Hasil Persamaan Penyerapan HCl 3% dan ZnCl₂ 10%

Dalam analisa penelitian ini digunakan analisis regresi linier sederhana. Data hasil penyerapan CO dan CO₂ ini diambil data dari hasil penyerapan dengan arang karbon aktif yang teraktivasi larutan HCl 3%, dan arang karbon yang diaktivasi larutan ZnCl₂ 10% yang terdapat pada gambar 4.7 dan gambar 4.12. Adapun variabel yang digunakan dengan dua variabel yaitu larutan HCl 3% dan larutan ZnCl₂ 10%, data

persamaan diambil menggunakan rumus persamaan sebagai berikut:

$$y = a + bx \tag{1}$$

y = Arang karbon yang teraktivasi larutan HCl 3%.

x = Arang karbon yang teraktivasi larutan ZnCl₂ 10%.

A. Persamaan polutan CO dengan larutan HCl 3% dan ZnCl₂ 10%

Persamaan penyerapan polutan CO diambil dari data pengukuran penyerapan karbon arang cangkang biji kopi, arang karbon yang diaktivasi larutan HCl 3%, dan arang karbon yang diaktivasi larutan ZnCl₂ 10%.

Tabel 4. Hasil persamaan polutan CO

HCl 3% (X)	ZnCl ₂ 10% (Y)	XY	X ²	Y ²
10	12	120	100	144
7	11	77	49	121
2	9	18	4	81
5	7	35	25	49
6	8	48	36	64
Σ 30	Σ 47	Σ 298	Σ 214	Σ 459

$$\frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$\frac{(47)(900) - (30)(298)}{5.900 - 900}$$

$$\frac{33.360}{3600}$$

$a = 9,26$

$$\frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$\frac{(5)(298) - (30)(47)}{4500 - 900}$$

$$\frac{1490 - 1410}{3600}$$

$b = 0,02$

Persamaan $y = a + bx$ ($y = 9,26 + 0,02x$)

Interpretasi nilai a dan b, yaitu nilai a = 9,26 artinya ketika penyerapan pada variabel independen (x) arang karbon yang diaktivasi larutan HCl 3% sama dengan nol. Maka penyerapan akhir (y) arang karbon yang diaktivasi larutan ZnCl₂ 10% adalah 9,26. Nilai b = 0,02 jika terjadi peningkatan pada jumlah penyerapan larutan (x) arang karbon yang diaktivasi larutan HCl 3% sebesar satu satuan maka terjadi kenaikan pada penyerapan akhir (y) arang karbon yang diaktivasi larutan ZnCl₂ 10% sebesar 0,02 satuan. Terdapat pengaruh yang signifikan antara jumlah penyerapan arang karbon aktif yang teraktivasi larutan HCl 3% dan larutan ZnCl₂ 10%, dengan kata lain ada hubungan antara dua variabel arang karbon aktif yang teraktivasi larutan HCl 3% dan larutan ZnCl₂ 10%.

Dari persamaan tersebut dapat diperoleh nilai rata-rata dari (x) arang karbon aktif yang teraktivasi larutan HCl 3% sebesar 6 ppm, dan untuk (y) arang karbon yang diaktivasi larutan ZnCl₂ 10% sebesar 9,4 ppm. Jadi arang cangkang karbon aktif yang teraktivasi larutan HCl 3% memiliki daya penyerapan yang lebih baik bila dibandingkan dengan larutan yang teraktivasi larutan ZnCl₂ 10%.

B. Persamaan polutan CO₂ dengan larutan HCl 3% dan ZnCl₂ 10%

Persamaan penyerapan polutan CO₂ diambil dari data pengukuran penyerapan karbon arang cangkang biji kopi, arang karbon yang diaktivasi larutan HCl 3%, dan arang karbon yang diaktivasi larutan ZnCl₂ 10%.

Tabel 5. Hasil persamaan polutan CO₂

HCl 3% (X)	ZnCl ₂ 10% (Y)	XY	X ²	Y ²
612	601	387.812	374.544	361.201

567	585	331.695	321.489	342.225
545	577	314.465	297.025	332.929
560	590	330.400	313.600	348.100
565	615	347.475	319.225	378.225
\sum 2849	\sum 2968	\sum 1.711.847	\sum 1.589.892	\sum 1.762.680

$$\frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$\frac{(2968)(1589892) - (2849)(1711847)}{6.359.568}$$

$a = 24,88$

$$\frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$\frac{(5)(1.711.847) - (2849)(2968)}{6.359.568}$$

$b = 0,016$

Persamaan $y = a + bx$ ($y = 24,88 + 0,016x$)

Interpretasi nilai a dan b, yaitu nilai a = 24,88 artinya ketika penyerapan pada variabel independen (x) sama dengan nol. Maka penyerapan akhir (y) adalah 24,88. Nilai b = 0,016 jika terjadi peningkatan pada jumlah penyerapan larutan (x) sebesar satu satuan maka terjadi peningkatan pada penyerapan akhir (y) sebesar 0,016 satuan. Terdapat pengaruh yang signifikan antara jumlah penyerapan arang karbon aktif yang teraktivasi larutan HCl 3% dan larutan ZnCl₂ 10%, dengan kata lain ada hubungan antara arang karbon aktif yang teraktivasi larutan HCl 3% dan larutan ZnCl₂ 10%.

Persamaan tersebut dapat diperoleh nilai rata-rata dari (x) arang karbon aktif yang teraktivasi larutan HCl 3% sebesar 569,8 ppm, dan untuk (y) arang karbon yang diaktivasi larutan ZnCl₂ 10% sebesar 593,6 ppm. Jadi arang cangkang karbon aktif yang teraktivasi larutan HCl 3% memiliki daya penyerapan yang lebih baik jika dibandingkan dengan larutan yang teraktivasi larutan ZnCl₂ 10% untuk penyerapan polutan CO₂.

3.5 Sintesa Pembahasan

Penelitian ini memanfaatkan limbah dari cangkang biji kopi yang diolah menjadi karbon aktif. Proses pemanfaatan karbon aktif

menggunakan dua macam larutan kimia untuk mengaktivasi karbon, yaitu dengan memanfaatkan larutan HCl 3% dan larutan ZnCl₂ 10%. Dari kedua jenis larutan tersebut dapat diketahui bahwa larutan HCl 3% menunjukkan daya aktivator yang lebih baik dibandingkan dengan larutan ZnCl₂ 10%.

3.6 Pemecahan Masalah

Dari analisis penelitian arang karbon aktif sebagai penyerap polutan di ruang kerja yang memiliki luas ruangan kurang lebih 4x4 meter tersebut, karbon aktif arang cangkang biji kopi yang teraktivasi larutan HCl 3% dan ZnCl₂ 10% bisa digunakan sebagai penyerapan polutan CO dan CO₂. Karbon arang cangkang biji kopi yang sudah teraktivasi larutan HCl 3% memiliki daya penyerapan lebih baik dibandingkan yang teraktivasi larutan ZnCl₂ 10% maupun arang karbon yang tanpa diaktivasi. Dalam penggunaannya juga tergantung dari luas ruangan dan berapa banyak karbon aktif yang digunakan, dalam penelitian ini penggunaan arang karbon aktif dapat digunakan dengan perbandingan 1 meter luas ruangan bisa digunakan arang karbon aktif sebanyak 100 gram.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis efek penggunaan arang cangkang biji kopi terhadap penyerapan polutan CO dan CO₂ di tempat kerja yang berdekatan dengan bengkel las. Dapat disimpulkan selama tugas akhir ini hasil kompetensi yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- a. Mampu mengetahui efek penggunaan arang cangkang biji kopi jika diaktivasi menjadi arang karbon aktif menggunakan larutan HCl 3% dan larutan ZnCl₂ 10% dapat menyerap polutan gas CO dan CO₂ yang diakibatkan oleh asap pengelasan, sehingga dapat menambah nilai ekonomi dari limbah pertanian yang belum termanfaatkan.
- b. Mampu mengaplikasikan karbon aktif dari arang cangkang biji kopi yang telah diaktivasi dengan larutan HCl 3% dan larutan ZnCl₂ 10% sebagai penyerapan polutan gas CO dan CO₂, sehingga dapat diperoleh perbedaan hasil penyerapan. Pada penyerapan polutan CO dengan arang karbon yang diaktivasi menggunakan larutan HCl 3% mendapatkan hasil penyerapan rata-rata 6 ppm, sedangkan arang karbon aktif yang diaktivasi larutan ZnCl₂ 10%

mendapatkan hasil 9,4 ppm. Begitu pula pada penyerapan polutan CO₂ dengan arang karbon yang diaktivasi menggunakan larutan HCl 3% mendapatkan hasil penyerapan rata-rata 569,8 ppm, sedangkan arang karbon aktif yang diaktivasi larutan ZnCl₂ 10% mendapatkan hasil 589,6 ppm. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa penyerapan polutan dengan media arang karbon yang diaktivasi menggunakan larutan HCl 3% memberikan penyerapan yang sangat baik jika dibandingkan dengan arang karbon yang diaktivasi larutan ZnCl₂ 10%.

4.1 Saran

Pada hasil analisis penelitian ini menunjukkan bahwa kulit cangkang biji kopi dapat dijadikan bahan baku untuk karbon aktif sehingga kedepannya dapat menambah nilai ekonomi dari limbah pertanian yang belum dimanfaatkan. Untuk penggunaan sebagai penyerapan polutan di ruangan sebaiknya dilakukan dengan perbandingan luas tempat dan kuantitas (gram) yang tepat, sebagai contoh untuk ukuran ruangan per meter persegi sebaiknya digunakan arang karbon aktif sebesar 100 gram dengan aktivasi larutan 1:5. Semakin banyak penggunaan karbon aktif arang cangkang biji kopi di dalam suatu ruangan, akan semakin bagus untuk daya penyerapannya. Untuk penelitian selanjutnya semoga dapat dikembangkan kembali penelitian ini, agar lebih bermanfaat bagi pembacanya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Rahmadani and A. R. Tualeka, "Health Risk Characteristic Due to Air Pollution Exposure in Shoe Soles Workers (around Bubutan Road in Surabaya city)," *J. Kesehat. Lingkung.*, vol. 8, no. 2, p. 164, 2016, doi: 10.20473/jkl.v8i2.2016.164-171.
- [2] A. Qolik, Y. Yoto, B. Basuki, S. Sunomo, and W. Wahono, "Bahaya Asap dan Radiasi Sinar Las Terhadap Pekerja Las di Sektor Informal," *J. Tek. Mesin dan Pembelajaran*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2018, doi: 10.17977/um054v1i1p1-4.
- [3] F. Redha, R. Junaidy, and I. Hasmita, "PENYERAPAN EMISI CO DAN NOx PADA GAS BUANG KENDARAAN MENGGUNAKAN KARBON AKTIF DARI KULIT CANGKANG BIJI KOPI," *Biopropal Ind.*, vol. 9, no. 1, pp. 37-47, 2018.