

## DEVELOPMENT RESEARCH IPAL B3 BENGKEL ELEKTRONIKA SMKN 3 BOYOLANGU (*Penelitian Lanjutan*)

Subagiyo

SMKN 3 Boyolangu, Jl. Ki Mangunsarkoro, Beji, Tulungagung, 66233, Indonesia

\*Author Utama, email: [subagiyo0866@gmail.com](mailto:subagiyo0866@gmail.com)

### ABSTRACT

*Predicate SMKN 3 Boyolangu as Adiwiyata School, would be a motivation for school residents to be a pioneer of environmental care movement. However, field facts indicate the findings of student involvement problems have not been real, especially the problem of IPAL B3 effectiveness. Relevant research studies have not yet been demonstrated for the simple, economically viable method of processing PCB washing wastes, and complying with the 3R principles. Generally complicated and expensive. Similarly, the results of previous research by the same author, has not met the 3R principle and not enough can be accounted for. The author is motivated to do further research as a correction of previous research. The objective of this research is to know that IPAL B3 is able to prevent pollution caused by PCB washing waste, and able to fulfill the 3R principle. The type of research is development research. Technique of collecting data using observation data, non statistical analysis technique. The waste treatment process is carried out by separation based on the principle of solubility product, by a multilevel precipitation method with pH adjustment. The results showed that IPAL B3 decreased the weight of the sample weight from 29 to 0 mmol / L. Originally dense, smelling metal, has a pH = 0.3, became clear, odorless, the price of pH = 7.2. The sludge can be recycled. Thus it can be concluded, IPAL B3 able to prevent environmental pollution, fulfill the 3R principle, and open to be developed so as to provide more benefits in life in the field of education and non-education.*

**Keywords:** IPAL B3, PCB

### ABSTRAK

*Predikat SMKN 3 Boyolangu sebagai Sekolah Adiwiyata, tentu menjadi motivasi bagi warga sekolah untuk menjadi pelopor gerakan peduli lingkungan. Namun fakta lapangan menunjukkan adanya temuan masalah keterlibatan siswa belum nyata, terutama masalah efektivitas IPAL B3. Telaah penelitian relevan, belum ditunjukkan metoda pengolahan limbah pencucian PCB yang sederhana, bernilai ekonomis, dan memenuhi prinsip 3R. Umumnya rumit dan mahal. Demikian pula hasil penelitian terdahulu oleh penulis yang sama, belum memenuhi prinsip 3R dan belum cukup bisa dipertanggungjawabkan. Penulis termotivasi melakukan penelitian lanjutan sebagai koreksi dari penelitian sebelumnya. Penelitian bertujuan mengetahui IPAL B3 mampu mencegah pencemaran oleh sebab limbah pencucian PCB, dan mampu memenuhi prinsip 3R. Jenis penelitian adalah penelitian pengembangan. Teknik pengumpulan data menggunakan data pengamatan, teknik analisisnya non statistik. Proses pengolahan limbah dilakukan dengan pemisahan berdasarkan prinsip hasil kali kelarutan, melalui metoda pengendapan bertingkat dengan pengaturan pH. Hasil penelitian menunjukkan, IPAL B3 menurunkan kadar logam berat sample dari 29 menjadi 0 mmol/L. Semula pekat, berbau logam, memiliki pH = 0,3, menjadi jernih, tidak berbau, harga pH = 7,2. Hasil Samping endapan dapat didaur ulang. Dengan demikian dapat disimpulkan, IPAL B3 mampu mencegah pencemaran lingkungan, memenuhi prinsip 3R, dan terbuka untuk dikembangkan sehingga mampu memberikan manfaat lebih dalam kehidupan di bidang pendidikan maupun non pendidikan.*

**Kata Kunci:** IPAL B3, PCB

## I. PENDAHULUAN

Hasil telaah beberapa penelitian relevan sebelumnya, belum ditunjukkan adanya metoda pengolahan limbah pencucian PCB yang sederhana, dan memenuhi prinsip 3R. Alternatif yang ditawarkan umumnya terbatas pada skala laborat yang memerlukan perlakuan dan peralatan khusus, rumit, dan mahal, sehingga sulit diterapkan di lapangan. Terlebih apabila operasionalnya masih menyisakan hasil samping sehingga di kemudian hari akan menimbulkan masalah baru, ibarat menunggu bom waktu. Demikian pula hasil penelitian terdahulu berupa prototype IPAL yang disusun oleh penulis yang sama, faktanya belum mampu memenuhi prinsip 3R. Disamping itu, diperoleh kenyataan bahwa hasil penarikan data pada penelitian sebelumnya yang menyatakan "klaim" bahwa proses pengolahan mampu menurunkan kadar logam berat dalam air limbah hingga 0 mgr/liter, di kemudian hari diperoleh kenyataan belum didukung oleh data percobaan yang cukup bisa dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Temuan mengenai pengolahan limbah B3 yang masih menyisakan hasil samping tentu merupakan permasalahan urgen dalam upaya mewujudkan impian menjadi sekolah berwawasan lingkungan. Seperti yang telah diuraikan pada bagian atas, proses pengolahan limbah B3 pada penelitian sebelumnya, masih menyisakan endapan berupa campuran kupri hidroksida dan ferri hidroksida yang belum mendapatkan

proses/treatment lanjutan. Pada penelitian tersebut sudah dilakukan pemisahan berdasarkan prinsip hasil kali kelarutan melalui metoda pengendapan bertingkat dengan pengaturan pH, dan endapan hasil samping direkomendasikan untuk memenuhi kebutuhan laborat satuan pendidikan dan atau disimpan/diamankan. Namun dari fakta lapangan dan telaah pustaka, dua senyawaan tersebut jarang diperlukan dalam kegiatan praktikum karena daya larutnya relatif kecil (tidak larut), sehingga keberadaan endapan yang notabene jenis B3 tersebut kedepan beresiko mengakibatkan permasalahan baru. Temuan-temuan tersebut menjadi motivasi penulis untuk melakukan penelitian lanjutan sebagai koreksi/perbaikan agar IPAL B3 Bengkel Elektronika tersebut dapat memberikan manfaat lain dalam kehidupan sehari-hari baik di bidang pendidikan maupun non pendidikan (memenuhi prinsip 3R).

## II. METODE PENELITIAN

### Material

Carbon aktif, Larutan NaOH , Larutan HCl, Larutan Asam sitrat, Larutan baku primer  $\text{CaCO}_3$ , Larutan baku sekunder larutan EDTA 0,1 M Indikator EBT, Bufer 8, dan 10, Titrat baku limbah PCB 1 ml sampel asli (SA) diencerkan hingga 200 ml sebagai sampel titrat(ST), Filter, aerator, tumbuhan enceng gondok dan kayu apu

### Instrumentasi

Pada penelitian ini digunakan alat berupa prototype IPAL yang akan diuji.

## **Prosedur**

### ***Uji kadar logam dalam sampel limbah B3 Bengkel Elektronika***

Melaksanakan uji penentuan kadar logam berat dalam sample limbah pelarutan PCB melalui titrimetri pengomplekan EDTA.

### ***Pengendapan Bertingkat***

25 ml sample baku limbah (larutan pekat berwarna hijau kecoklatan, pH= 0,3) ditambah NaOH 5M sedikit demi sedikit hingga harga pH menjadi 4, diaduk dan didiamkan hingga terbentuk endapan sempurna warna merah-coklat (sedimentasi) dan filtrate jernih. Kemudian dipisahkan dan filtrat yang dihasilkan ditambah NaOH 5M sedikit demi sedikit sambil diaduk hingga pH mencapai 10, lalu didiamkan hingga proses pengendapan selesai. Hasil pemisahan diperoleh endapan coklat-biru dan filtrat jernih

### ***Uji Filtrat Hasil Proses Pengendapan***

Mengambil 10 ml filtrat diencerkan hingga 50 ml untuk diuji kadar logamnya dengan menambahkan sedikit asam sitrat, dan ditambah buffer 10 kemudian diberi EBT. Larutan yang semula jernih berubah menjadi biru. Sisa volume filtrat ditambah karbon aktif, didiamkan 1-2 hari hingga harga pH berkisar 7,2 - 7,4. Untuk hasil sempurna dalam aplikasinya dilanjutkan dengan SPL dan fitoremediasi dalam Bath Biologi dengan menggunakan prototype IPAL

### ***Desain Prototype IPAL***

Operasional prototype IPAL B3 dalam pengolahan limbah pencucian PCB, didasarkan pada metoda gabungan Kimia-Fisika-dan Biologi, meliputi: pengendapan bertingkat, adsorpsi, SPL, dan fitoremediasi

dalam bath Biologi. Adapun prosedur pengolahan limbah B3 menggunakan Prototype IPAL. Bak-1 diisi 1 liter limbah pelarutan PCB, ditambah NaOH 5M sedikit demi sedikit sambil diaduk hingga mencapai Ph=4. Didiamkan sampai proses pengendapan sempurna, kemudian endapan warna coklat-merah (Feri Hidroksida) yang terbentuk, dipisahkan dan dikeringkan. Filtrat ditambah NaOH 5M dengan cara yang sama hingga mencapai pH =10, endapan biru (Cupri Hidroksida), dipisahkan. Filtrat hasil berwarna jernih, harga pH = 10, dan tidak berbau, dialirkan dalam Bak-2 yang berisi batu kali. Hasil pada Bak-2 dialirkan ke dalam Bak-3, diberi karbon aktif 100 gram (secukupnya), dibiarkan selama 1-2 hari hingga diperoleh harga pH berkisar 7,2 - 7,4. Hasilnya dialirkan ke dalam SPL. Kemudian dialirkan ke Bath Biologi untuk proses Fitoremediasi, dengan perlakuan aerasi, filterisasi, dan dilengkapi dengan bebatuan serta tumbuhan air yang mampu mengurangi tingkat pencemaran (enceng gondok dan kayu apu). Hasilnya aman dibuang ke lingkungan, dan atau dimanfaatkan sesuai kebutuhan sehari-hari.

### ***Uji Kelayakan Produk***

Melakukan kegiatan uji kelayakan produk oleh beberapa ahli bidang desain IPAL B3 dan ahli bidang limbah B3 (lihat Tabel.6. Data Validasi Uji Kelayakan Produk, dan Gambar.6. Kegiatan Uji Kelayakan Produk), serta melakukan pengamatan lanjutan secara berkala terhadap kondisi sampel 5 ekor ikan hias (Koi), dalam air hasil pengolahan dalam bath biologi prototype IPAL.

### Proses Perlakuan Lanjutan

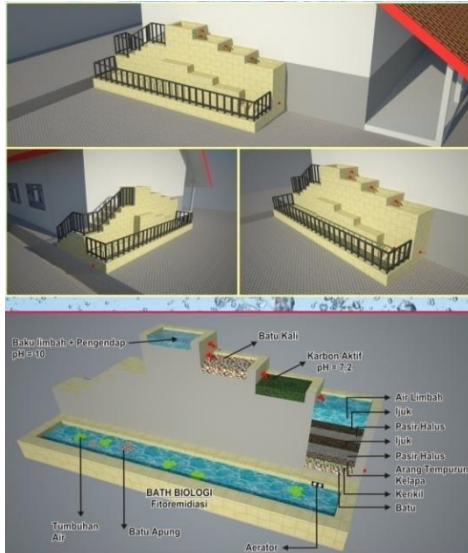
Endapan yang diperoleh dari hasil pengolahan limbah diberikan perlakuan lanjutan, sebagai berikut:

- 1)  $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 2)  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

### Tahap Pengembangan Produk

Penyusunan RAB dan desain IPAL B3 Bengkel Elektronika SMKN 3 Boyolangu: Survey pemilihan lokasi dan menyusun RAB pembangunan IPAL dan membuat Desain IPAL Bengkel Elektronika SMKN 3 Boyolangu. Evaluasi dan Tindakan lanjut dengan mempertimbangkan masukan dari para pakar, untuk merencanakan dan menyusun langkah tindakan berikutnya.

### Desain Pengembangan Model



**Gambar 1.** Desain-1 IPAL Bengkel Elektronika

Langkah-langkah penelitian pengembangan (desain penelitian) dalam penelitian ini terbagi dalam 3 tahapan seperti ditunjukkan pada diagram alir desain penelitian. Adapun desain pengembangan model, ditunjukkan dengan pengembangan

prototype produk yang efektif berupa prototype IPAL B3 (lihat Gambar.3.Prototype IPAL dan Spesifikasi). Pengembangan Prototype IPAL B3 pada penelitian ini menerapkan metoda gabungan cara Kimia-Fisika-Biologi melalui proses pengendapan bertingkat, adsorpsi, SPL, fitoremediasi, dengan prosedur sesuai desain penelitian.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengembangan Model

**Tabel 1.** Data Pengamatan Uji Kadar Logam Dalam Sample Limbah B3

No	Volume titrat (ST)	Volume titran EDTA	Perubahan warna
1	20 ml + Asam Sitrat+Bufer 8 + EBT	5,6 ml	Merah anggur menjadi biru
2	20 ml + Asam Sitrat+Bufer 8 + EBT	6,0 ml	Merah anggur menjadi biru

Titrasi-1: perubahan warna dari merah anggur menjadi biru terjadi ketika 20 ml titrat tepat menggunakan titran sejumlah 5,6 ml. Titrasi-2: perubahan warna dari merah anggur menjadi biru terjadi ketika 20 ml titrat tepat menggunakan titran sejumlah 6,0 ml. Dengan demikian volume titran (EDTA) rata-rata 5,8 ml, maka :

$$V_{ST} \cdot M_{ST} = V_{EDTA} \cdot M_{EDTA}$$

$$20 \cdot M_{ST} = 5,8 \cdot 0,1$$

$$M_{ST} = 0,029$$

$$\text{Molar} = 0,029 \text{ mol/L}$$

Kadar logam berat (Cu dan Fe) dalam baku limbah = 0,029 mol/L. Bila kadar masing-masing logam menggunakan asumsi 1:1

$$\begin{aligned} \text{Maka kadar ST} &= 0,029 \text{ mol/L} \times \text{rerata Ar} \\ &= 0,029 \text{ mol/L} \times 60 \\ &= 1,74 \text{ gr/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar SA} &= 1,74 \text{ gr/ L} \times 10 \\ &= 17,40 \text{ gr/ L} \\ &= 17400 \text{ mgr/L}\end{aligned}$$

Dengan demikian kadar logam berat dalam baku limbah = 17400 mgr/L.

**Tabel 2.** Data Pengamatan Analisis Uji Kadar Logam Berat Dalam Filtrat

V titrat	V EDTA	Perubahan warna		Ket
		Sebelum	Sesudah	
25 ml filtrat + AsamSitrat + Bufer 10 + EBT (Biru)	10 ml	Biru	Biru	Intensitas warna stabil pH = 10
25 ml filtrat + AsamSitrat + Bufer 10 + EBT (Biru)	20 ml	Biru	Biru	Intensitas warna stabil pH = 10

**Tabel 3.** Hasil Data Pengamatan/ Percobaan Kegiatan Pengolahan Limbah dengan menggunakan PROTOTYPE IPAL B3

No	Langkah Kerja	Pengamatan
1	Pengendapan Tahap-1 Bak-1 diisi 1 liter limbah pelarutan PCB, ditambah NaOH 5M sedikit demi sedikit sambil diaduk hingga mencapai pH =4. Didiamkan sampai proses pengendapan sempurna, kemudian endapan dipisahkan	Terbentuk endapan coklat kemerahan (Ferihidroksida)
2	Pengendapan Tahap-2 Filtrat hasil butir (1) ditambah NaOH 5M dengan cara seperti butir (1) hingga mencapai pH =10, endapan dipisahkan.	Terbentuk endapan coklat kebiruan Kuprihidroksida
3	Filtrat hasil butir (2) berwarna jernih, harga pH = 10, dan tidak berbau, dialirkan dalam Bak-2 yang berisi batu kali.(diamkan 1 hari)	Air warna jernih, pH=10
4	Filtrat (butir 3) dialirkan pada bak berisi karbon aktif (1-2 hari), selang waPengamatanktu tertentu diaduk	Setiap saat dilakukan cek penurunan harga pH, setelah mencapai harga

		7,2-7,4 filtrat segera dialirkan kedalam SPL
5	Biarkan berada dalam SPL beberapa saat, setelah SPL penuh,buka kran SPL perlahan menuju bath biologi	
6	Hasil butir (5) dialirkan ke Bath Biologi untuk proses Fitoremediasi, dengan perlakuan aerasi, filterisasi, dan tumbuhan air	Air berwarna jernih, tidak berbau,tidak mengandung logam berat, pH = 7,2
7	Melepaskan ikan hias dalam bath biologi untuk uji kelayakan produk	Hasil pengamatan terhadap kehidupan ikan, tercantum pada data pengamatan uji kelayakan produk.

**Tabel 4.** Hasil Data Pengamatan/Percobaan Lanjutan (Uji Kelayakan Produk)

Minggu Ke-	Uraian
1	semua ikan hidup dan berperilaku normal/sehat.
2	semua ikan hidup dan berperilaku normal/sehat.
3	Tidak dilakukan pengamatan
4	semua ikan hidup dan berperilaku normal/sehat.

**Tabel 5.** Hasil Data pengamatan/Percobaan Treatmen Lanjutan

Reaksi : $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$		
Sebelum	Sesudah	Keterangan
Endapan coklat kemerahan , larut	Larutan warna coklat kekuning-kuningan (Feriklorit)	Larutan Feriklorit merupakan bahan baku dalam pencucian PCB (produk samping pengolahan limbah didaur ulang)

**Tabel 6.** Data Hasil pengamatan Treatment Lanjutan

Reaksi : $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$		
Sebelum dipanaskan	Sesudah dipanaskan	Keterangan
Endapan warna coklat kebiruan	Putih keabu-abuan	

Reaksi : $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$		
Sebelum Reaksi	Sesudah Reaksi	Keterangan $\text{CuSO}_4$
Endapan putih keabu-abuan	Mula-mula terbentuk larutan kecoklatan, dikocok dan terbentuk larutan biru Kuprisulfat	merupakan bahan yang sangat diperlukan dalam kegiatan praktikum di laborat Kimia

**Tabel 7.** Hasil rekap data Validasi Jumlah Responden : 24

Butir Kelayakan Produk	Jumlah Perolehan			
	1	2	3	4
Seberapa besar efisiensi dan efektifitas Prototype?	0	0	2	22
Seberapa penting Prototype untuk pelestarian lingkungan (segi urgensi) ?	0	0	1	23
Seberapa besar kemungkinan untuk digunakan sebagai media pembelajaran pada mapel yang relevan?	0	0	0	24
Seberapa besar Prototype tersebut memenuhi prinsip 3R ?	0	0	0	24
Seberapa mudah (simpl) operasional penggunaannya ?	0	1	5	18
Seberapa penting dunia industri terkait, untuk berkontribusi dalam pelestarian lingkungan ?	0	0	0	24
Seberapa besar peluang prototype IPAL tersebut untuk dikembangkan ?	0	0	0	24
Seberapa besar kualitas air hasil pengolahan memenuhi standar mutu air bersih?	0	0	0	24

Hasil penentuan kadar logam berat dalam baku limbah, yang dilakukan secara titimetri pengomplekan EDTA seperti tersebut pada tabel 1 data percobaan, menunjukkan bahwa sample air limbah pencucian PCB dengan ciri khas berwarna hijau kecoklatan, viskositas tinggi, berbau logam, dan memiliki harga pH 0,3 tersebut, mengandung logam

berat sebesar 29 mmol/liter atau setara dengan 17400 mg/ liter.

Setelah diberikan perlakuan melalui metode pengendapan, hasil pengujian melalui titrimetri pengomplekan EDTA sesuai tabel 2 data percobaan, diketahui penambahan titran terhadap titrat tidak menyebabkan perubahan warna biru (intensitas warna biru stabil/konstan) pada titran (filtrate +asam sitrat +EBT). sehingga hasil pengamatan data percobaan tersebut menunjukkan bahwa kandungan logam dalam titran = 0. Lebih lanjut setelah diberikan perlakuan adsorpsi dengan penambahan karbon aktif, diperoleh warna jernih, tidak berbau, dan harga pH = 7,2-7,4 .

Pengolahan dilanjutkan dengan perlakuan aerasi untuk meningkatkan harga DO dan disempurnakan dengan metode fitoremediasi dalam bath biologi. Peran bebatuan dan beberapa jenis tumbuhan air mampu memperbaiki kualitas air (enceng gondok, kayu apu) sehingga dapat digunakan sebagai media dalam metode fitoremediasi. Pengamatan lanjutan terhadap bath biologi sesuai table 3 data percobaan, menunjukkan bahwa ikan hias, mampu bertahan hidup normal dalam air hasil pengolahan. Sehingga hasil pengolahan air limbah bengkel elektronika dipastikan aman bila dibuang ke lingkungan, bahkan dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari seperti : mengisi kolam, menyiram taman, dan lain-lain..

Hasil perlakuan lanjutan terhadap endapan Ferri hidroksida dapat menghasilkan larutan Ferriklorit yang merupakan bahan baku dalam proses pencucian PCB seperti



ditunjukkan pada hasil data percobaan 4 . Ferriklorit yang diperoleh dari proses daur ulang, terbukti efektif digunakan untuk pencucian PCB, kemampuannya tidak berbeda dengan hasil yang diperoleh dari pembelian produk baru (Reduce dan Recycle). Bahkan cara penggunaan lebih mudah, cukup dengan cara: endapan Ferihidroksida ditambah asam klorida. Sedangkan jika beli baru, endapan Feriklorit harus dicampur air panas (perlu pemanasan). Sedangkan treatment terhadap endapan Kuprihidroksida menghasilkan larutan Cuprisulfat, sering diperlukan untuk kegiatan praktikum dalam pembelajaran di laboratorium kimia di Sekolah. Jika diinginkan, larutan tersebut juga dapat dielektrolisis ataupun ditambah serbuk seng untuk memperoleh logam tembaga murni (Reuse) Disamping hal tersebut, kelebihan dari pengolahan limbah B3 IPAL Bengkel Elektronika, adalah mampu mendaur ulang endapan yang diperoleh melalui perlakuan lanjutan sehingga proses pengolahan tersebut memenuhi prinsip 3R.

Hasil data pengumpulan data validasi pada tabel 6 pada kegiatan uji kelayakan terhadap 24 responden yang terdiri dari 2 responden ahli bidang lingkungan hidup, 2 responden ahli bidang desain produk, dan 20 responden pendidik, diperoleh hasil: 22 dari 24 responden menyatakan bahwa prototype/produk tergolong efisien dan efektif dalam pengolahan limbah B3, 23 dari 24 responden menyatakan prototype IPAL B3 bersifat urgen untuk upaya pelestarian lingkungan, 24 dari 24 responden menyatakan bahwa prototype IPAL

memungkinkan untuk media pembelajaran pada mapel yang relevan, 24 dari 24 responden menyatakan bahwa Prototype IPAL B3 tersebut memenuhi prinsip 3R, 18 dari 24 responden menyatakan bahwa operasional penggunaannya sederhana, 24 dari 24 responden menyatakan bahwa dunia pendidikan/industri terkait penting untuk berkontribusi dalam pelestarian lingkungan, 24 dari 24 responden menyatakan bahwa prototype IPAL tersebut terbuka peluang untuk dikembangkan, dan 24 dari 24 responden menyatakan bahwa kualitas air hasil pengolahan memenuhi standar mutu air bersih. Hasil tersebut menunjukkan adanya respon positif dari sebagian besar responden terhadap produk IPAL B3 Bengkel Elektronika, sehingga tidak terbantahkan bahwa penelitian ini berhasil melampaui tahap uji kelayakan produk dengan hasil kategori memenuhi. Kedepan penelitian ini diyakini masih terbuka peluang untuk dikembangkan bagi penelitian berikutnya, sehingga selalu ada progres dan mampu memberikan manfaat bagi dunia pendidikan maupun non pendidikan, dan bagi ilmu pengetahuan itu sendiri.

#### **IV. KESIMPULAN**

IPAL bengkel elektronika mampu mencegah terjadinya pencemaran lingkungan di SMKN 3 Boyolangu dan sekitarnya. Prototype IPAL B3 Bengkel Elektronika dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran saintifik pada mapel relevan, efektif dan efisien dalam menanamkan budaya peduli lingkungan pada diri peserta didik IPAL B3 Bengkel Elektronika memiliki kelebihan sebagai berikut: Prosedur penggunaannya

sederhana, bernilai ekonomis, mudah dalam penerapan lapangan, dan mampu memenuhi prinsip 3R. Untuk menurunkan pH larutan pada proses pengendapan, tidak menggunakan asam klorida sebagaimana lazimnya, peneliti memanfaatkan karbon aktif

#### UCAPAN TERIMA KASIH

1. Bapak Drs. Moch. Anurul Hamzah selaku kepala SMKN 3 Boyolangu Tulungagung.
2. Bapak dan Ibu guru SMK Negeri 3 Boyolangu Tulungagung selaku teman sejawat, khususnya bapak/ibu MGMPs mapel Kimia.
3. Anggi Wahyu dan Fajar Rafiki selaku peserta didik.
4. Serta semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan dalam penyelesaian karya tulis ilmiah ini

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Vogel. 1990. *Kimia An Organik Analisis Kualitatif*. Jakarta : PT. Kalman Media Pusaka
- [2] Vogel. 1990. *Kimia An Organik Analisis Kuantitatif*. Jakarta : PT. Kalman Media Pusaka
- [3] Bungin, burhan. 2007. *Penelitian Kualitatif*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- [4] Bungin, burhan. 2008. *Metodologi. Penelitian Kualitatif*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- [5] Sukatma, dkk. 1998. *Lingkungan Hidup*. Malang: PPPGT/VEDC
- [6] Soemarwoto, Otto. 1987. *Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Jakarta: Penerbit Djambatan
- [7] Oxtoby, D.W. Gillis, H.P. Nachtrieb, N.H. 1986. *Principles Of Modern Chemistry*: Harcourt. Suminar. 2001. *Prinsip-Prinsip Kimia Modern*. Edisi 4. Jakarta: Erlangga
- [8] Arsyad, Sitanala. 1989. *Konversi Tanah Dan Air*. Bogor: IPB
- [9] Lutfi, Achmad. 2004. *Pencemaran Lingkungan*. Surabaya: Depdiknas
- [10] Nursyahidah, Farida. 2012. *Penelitian Pengembangan (Development Research vs Research and Development)* Diakses tanggal 13 September 2014, <https://faridanursyahidah.files.wordpress.com/2012/06/research-and-development-vs-development-research.pdf>.
- [11] Jayanti, Perwida. 2006. *Penentuan Ph Optimum (PCB) Secara Elektrolisis*. Universitas Negeri Malang
- [12] Permen Kes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990, *Syarat-syarat dan Pengawas Kualitas Air*.
- [13] Kuntoro. 2011. *Dasar Filosofis Metodologi Penelitian*. Surabaya: Pustaka Melati
- [14] Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Edisi 14. Bandung: Alfabeta
- [15] Kundari, N.A. 2012. *Tinjauan Keseimbangan Adsorpsi Tembaga Dalam Limbah Pencucian PCB dengan Zeolit*. STTN. BATAN
- [16] Suprihatin, Agung. 2013. *Pemanfaatan Sifat Kelarutan Hidroksida Logam Untuk Menurunkan Kadar Tembaga Pada Limbah Pelarutan PCB*. Malang: P4TK BOE
- Subagiyo, 2013. *Instalasi Pengolahan Air Limbah Bengkel Elektronika Mampu Mencegah Pencemaran Di SMKN 3 Boyolangu dan Sekitarnya*. Tulungagung: SMKN 3 Boyolangu