



A 400

DP/BPPI/BISB / 237/96

NO: 273 / 8 / BALAI RISET
DAN STANDARISASI INDUSTRI

PROTOTIPE PENGOLAHAN AIR
LIMBAH INDUSTRI KECIL TENUN CELUP
MENGUNAKAN HIDROGEN PEROKSIDA
SEBAGAI PEMECAH WARNA

DISPERPUSIP JATIM

BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI
BALAI PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI SURABAYA
JL. JAGIR WONOKROMO 360 TELP. 818612 SURABAYA

KATA PENGANTAR

Fuji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas perkenanya maka penelitian ini dapat diselesaikan. Laporan ini di susun sebagai pertanggung jawaban dari kegiatan DIP 1995 - 1996 yang berjudul " Prototipe Pengolah Air Limbah Industri Kecil Tenun Celup Menggunakan Hidrogen Peroksida Sebagai Pemecah Warna ". Kepada semua pihak yang telah membantu mulai studi pustaka, pengumpulan data, pelaksanaan teknis sampai tersusunnya laporan ini, kami ucapkan terima kasih.

Kami sadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam laporan ini oleh karena itu diharapkan perbaikan dari semua pihak demi kemajuan kita bersama.

SURABAYA ,

Penyusun,

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
RINGKASAN.....	iii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
A. Proses pembuatan kain tenun celup.....	3
B. Air limbah yang dihasilkan.....	4
C. Zat warna kain.....	5
D. Proses pengolahan air limbah.....	7
BAB III PERCOBAAN	12
A. Tujuan percobaan.....	12
B. Bahan.....	12
C. Alat.....	12
D. Metode penelitian.....	12
E. Tahapan pekerjaan.....	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	14
A. Hasil percobaan.....	14
B. Analisa statistik.....	18
C. Pembahasan.....	29
D. Spesifikasi alat prototipe.....	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN.....	37

RINGKASAN

Kegiatan penelitian pada tahap ini adalah perencanaan prototip pengolah limbah industri kecil tenun celup menggunakan hidrogen peroksida sebagai pemecah warna.

Untuk dapat membuat perencanaan tersebut dilakukan percobaan penelitian memakai berbagai warna air limbah (merah, hijau, ungu) yang berasal dari proses pencelupan. Kemudian dioksidasi dengan hidrogen peroksida dengan berbagai tingkat konsentrasi.

Dari hasil percobaan dapat diketahui bahwa dengan konsentrasi hidrogen peroksida masing-masing :

- 1 ml/liter dapat menurunkan kadar BOD 81,01 % untuk warna air limbah merah.
- 3 ml/liter, dapat menurunkan kadar COD 45 % untuk warna air limbah hijau; menurunkan kadar TSS 81,81 % untuk warna air limbah merah; menurunkan kadar fenol 61,19 % untuk warna air limbah ungu.
- 4 ml/liter dapat menurunkan kadar Cr total 75,00 % untuk warna air limbah ungu.

Setelah oksidasi air limbah dinetralkan.

Berdasarkan percobaan penelitian, maka spesifikasi alat prototipe adalah sebagai berikut :

Bak ekualisasi bentuknya empat persegi panjang, bak

oksidasi berbentuk silinder serta bak netralisasi berbentuk silinder: masing-masing dengan volume efektif 8 liter dengan sistem tidak kontinyu (Batch System).

Penyusun,

DISPERPUSIP JATIM

BAB I

PENDAHULUAN

Sejak dilaksanakannya program pembangunan yang dirancang secara konseptual melalui tahapan - tahapan PELITA, mulai dirasakan adanya pertumbuhan industri yang cukup pesat. Demikian pula di propinsi Jawa Timur daerah Gerbang Kertasusila merupakan daerah pertumbuhan industri.

Dari berbagai jenis industri kecil yang terbesar di daerah Gresik, Mojokerto, Sumbawa, Sidoarjo dan Lamongan , industri kecil tenun celup cukup berpotensi menghasilkan limbah berbahaya dan beracun. Dimana bahan pencemar ini terutama berasal dari proses pewarnaan . Zat warna yang biasa digunakan antara lain zat warna direk, naftol, belerang, bejana dan reaktif. Dalam proses pencelupan, sebagian zat warna akan terabsorpsi oleh bahan kain tenun, sedangkan sisanya berada dalam larutan yang akan terbangun bersama air bekas proses.

Pada kenyataannya hampir sebagian besar industri kecil tenun celup belum mempunyai sarana pengolahan limbah, baik limbah padat maupun cair. Biasanya limbah padat dan cair dibuang bersama limbah domestik. Selain itu limbah cair juga dibuang ke halaman . Bila dibuang ke saluran umum tanpa melalui pengolahan akan menyebabkan pencemaran diantaranya : air badan air menjadi berwarna, kadar BOD dan COD meningkat, kelarutan oksigen menurun. Untuk industri kecil tenun celup, keadaan tersebut disebabkan

karena keterbatasan dalam hal dana, pengetahuan maupun kemampuan dalam mengelola limbah yang dihasilkan.

Dalam usaha untuk melestarikan lingkungan dan mendukung pembangunan berwawasan lingkungan maka air limbah industri kecil tenun celup perlu diolah sebelum dibuang, karena kebanyakan langsung dibuang ke saluran umum, tanpa memperhatikan kemampuan daya dukung badan air penerima maupun fungsi peruntukannya. Berdasarkan kenyataan tersebut, maka dalam penelitian ini diutamakan untuk mengolah air limbah yang berasal dari proses pencelupan, dengan cara oksidasi memakai hidrogen peroksida.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. PROSES PEMBUATAN KAIN TENUN CELUP

Secara garis besar proses pembuatan kain tenun celup dibagi dalam tiga tahap, yaitu:

1. Proses pembuatan lusi
2. Proses pembuatan pakan
3. Proses tenun

A.1 Proses pembuatan lusi

Mula-mula bahan baku benang dibasahi atau dicuci dengan air untuk menghilangkan kanji yang berlebihan. Selanjutnya diberi warna sesuai dengan warna dasar yang diinginkan. Sesudah itu dilakukan pemanasan dan pengeringan supaya benang menjadi agak kaku, dilakukan penganjian tipis dan dijemur setelah dilakukan pengelosan dan penyekiran untuk mendapatkan benang-benang bum.

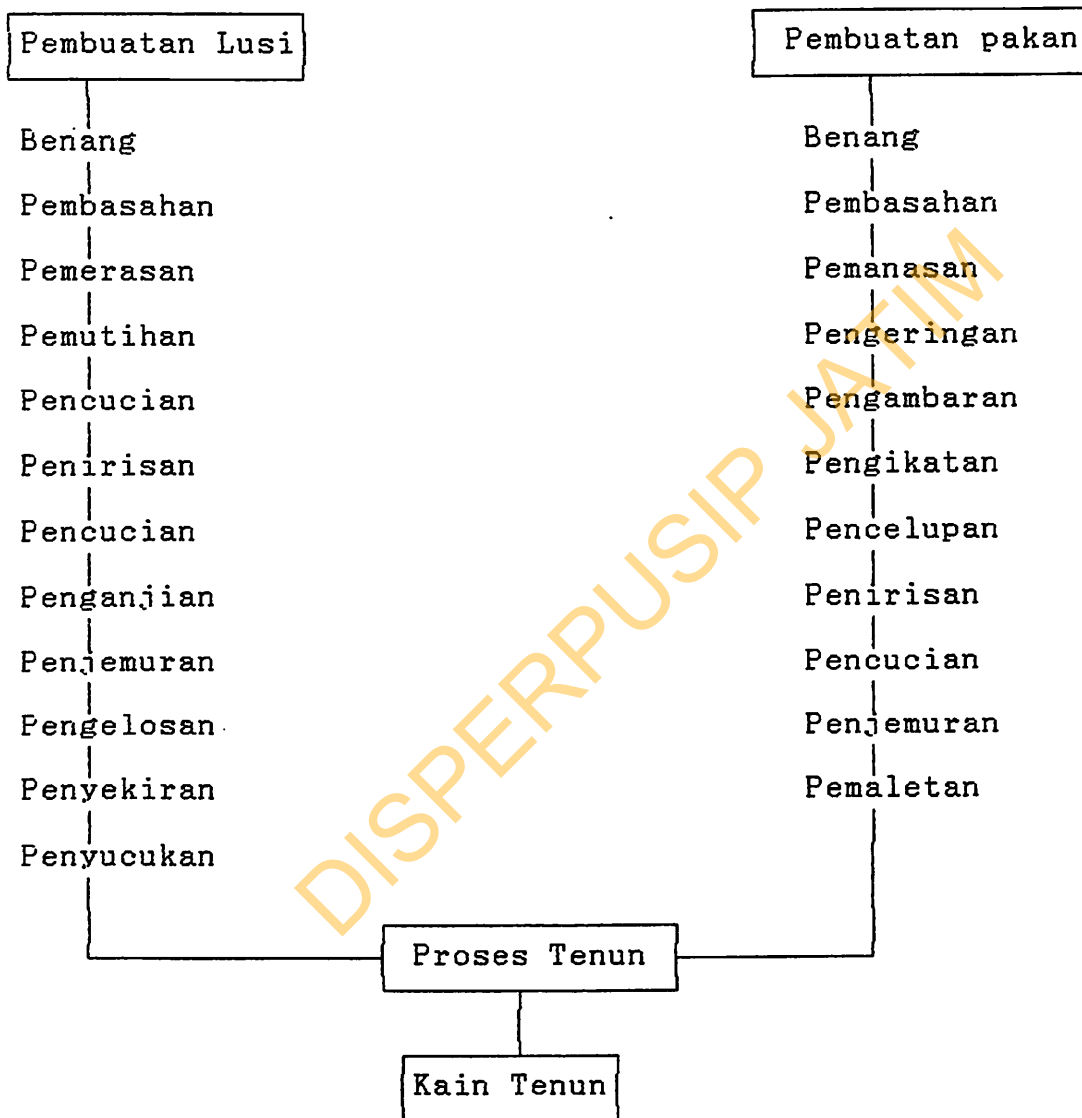
A.2 Proses pembuatan pakan

Bahan baku benang "cones" yang akan menjadi motif diikat dengan tali rafia sesuai dengan motif yang dikehendaki. Selanjutnya dilakukan proses pewarnaan, penirisan dan penjemuran. Setelah kering dibuat palet yang siap dipakai sebagai pakan.

A.3 proses tenun

Benang yang dipakai diperoleh dari proses pembuatan lusi dan proses pembuatan pakan siap untuk ditenun.

Diagram alir proses pembuatan kain celup



B. AIR LIMBAH YANG DIHASILKAN

Dalam lingkup penelitian ini, air limbah yang perlu penanganan adalah yang berbahaya dan beracun, yaitu :

- Air limbah hasil penirisan setelah pencelupan

- Air limbah bekas pencucian setelah pencelupan
- Air limbah dari bekas larutan pencelup

C. ZAT WARNA KAIN

Ditinjau dari asalnya zat warna dapat dibedakan menjadi zat warna dari tumbuh-tumbuhan dan binatang, serta zat warna sintetis yaitu zat warna buatan .

Zat warna alam pada saat ini sudah jarang dipakai, umumnya dipakai zat warna sintetis. Dalam pemakaiannya, jenis zat warna tergantung pada jenis serat yang akan diberi warna, tahan lentur yang diinginkan serta faktor teknis dan ekonomis lainnya.

Zat warna sintesis dapat digolongkan sebagai berikut:

- Zat warna asam

Zat ini merupakan natrium dari asam organik, misalnya asam sulfonat atau asam karboksilat. Zat warna ini dipergunakan dalam suasana asam dan memiliki daya serap langsung terhadap serat protein atau poliamida.

- Zat warna basa

Zat warna ini umumnya merupakan garam-garam klorida atau oksalat dari basa organik misalnya basa amonium dan sering pula merupakan garam rangkap dengan seng klorida. Zat warna ini mempunyai daya serap langsung terhadap serat protein

- Zat warna direk

Zat warna ini menyerupai zat warna asam, yaitu merupakan garam natrium dari asam sulfonat dan hampir

seluruhnya merupakan senyawa azo. Zat ini mempunyai daya serap langsung terhadap selulosa. Golongan ini memiliki macam cukup banyak, tetapi tahan luntur.

- Zat warna belerang

Zat warna ini merupakan senyawa organik kompleks yang mengandung belerang, terutama digunakan untuk serat selulosa guna mendapatkan tahan luntur terhadap pencucian, warna yang dihasilkan biasanya suram.

- Zat warna bejana

Zat warna ini tidak larut dalam air. Untuk mempermudah dalam pemakaiannya, zat warna ini telah dikembangkan menjadi zat warna yang larut dengan cara mengubahnya menjadi garam natrium dari ester asam sulfat dan dapat digunakan untuk serat selulosa.

- Zat warna dispersi

Zat warna ini tidak banyak larut dalam air, tetapi mudah dispersikan dalam air, sehingga dapat digunakan untuk mewarnai serat yang bersifat hidrofob.

- Zat warna reaktif

Zat warna ini dapat beraksi dengan selulosa atau protein sehingga memberikan tahan luntur yang baik.

- Zat warna pigmen

Zat warna ini tidak larut dalam air dan tidak mempunyai daya serap terhadap tekstil. dalam pemakaiannya zat warna ini dicampur dengan resin sebagai pengikat.

- Zat warna oksidasi

Pada prinsipnya merupakan senyawa antara dengan

berat molekul kecil dicelupkan, kemudian dioksidasikan. Dalam pemakaiannya tiap jenis serat tekstil dapat dicelup dengan beberapa jenis zat warna. Pemilihan zat warna akan menentukan jenis zat pembantu yang dipakai (bahan pembantu digunakan untuk : menimbulkan warna, memperkuat ketahanan warna, mengikat zat warna).

Contoh beberapa zat warna

Warna	Zat warna
- Merah	<ul style="list-style-type: none"> - Napthol-AS SW dan Garam Merah 3GL - Napthol-AS D dan Garam Scarlet R - Napthol-AS B dan Garam merah B - Indigosol Red AB
- Hijau	<ul style="list-style-type: none"> - Indigosol Grun IB - Indigosol Olivgrun I B - Indanthrene Gelb G
- Ungu	<ul style="list-style-type: none"> - Indigosol Violet ARR - Indigosol Violet ABBF - Napthol-AS D dan Garam Violet B - Napthol-AS 3B dan Garam Violet B - Indanthrene Brilliant Violet RK

D.PROSES PENGOLAHAN AIR LIMBAH

Proses pengolahan air limbah dari proses pencelupan dapat dilakukan dengan cara kimia dan cara biologi.

D.1 Pengolahan dengan cara kimia

Yang dimaksud dengan pengolahan secara kimia adalah proses pengolahan air limbah dimana pemisahan bahan pencemar, berlangsung karena adanya mekanisme reaksi kimia. Dalam hal ini dapat dilakukan proses pengendapan dengan penambahan bahan pengumpul (koagulan) seperti : kapur, fero sulfat, feri sulfat, feri halida, aluminium sulfat, feri aluminium sulfat, PAC.

Proses pengolahan air limbah dimulai dengan penyaringan memakai kasa sehingga padatan kasar berupa : sisa-sisa serat benang dapat dipisahkan. Apabila tidak dipisahkan, dapat mengakibatkan terjadinya penyumbatan aliran, mengganggu kerja pompa dan alat pengaduk. Kasa perlu dibersihkan setiap saat secara manual. Setelah melalui kasa penyaring, air limbah akan dialirkan ke bak pengumpul. Didalam bak pengumpul akan terjadi pencampuran sehingga kondisi menjadi homogen . Setelah dilakukan pengaturan pH, air limbah dalam bak pengumpul siap untuk dilakukan proses koagulasi. Pengaturan pH tergantung dari jenis koagulan yang akan digunakan.

Bila digunakan aluminium sulfat pH diatur sekitar 6 - 7, untuk fero sulfat pada pH 8 - 10, untuk PAC pada pH 6 - 8. Koagulan tersebut akan menggabungkan bahan pencemar dalam air limbah menjadi partikel yang lebih besar (gumpalan) sehingga mudah dipisahkan dengan cara diendapkan atau disaring (tidak lolos). Untuk mempercepat penggumpalan diperlukan pengadukan cepat kemudian dilanjutkan dengan pengadukan lambat.

Dengan adanya penambahan koagulan akan menyebabkan bertambahnya kandungan zat padat teruspensi (TSS) dan atau padatan terendap serta menambah biaya operasi.

D.2 Pengolahan dengan cara biologi

Yang dimaksud dengan pengolahan secara biologi adalah proses pengolahan air limbah yang dilakukan dengan memanfaatkan aktivitas mikroba (bakteri, ganggang, protozoa dan lain-lain) untuk menguraikan atau merombak senyawa organik dalam air limbah menjadi zat yang lebih sederhana (stabil). Perlakuan mikroba terhadap air limbah tersebut sebenarnya digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, yaitu sebagai sumber nutrisi, yang selanjutnya diperlukan untuk enersi dan bahan pembangun sel.

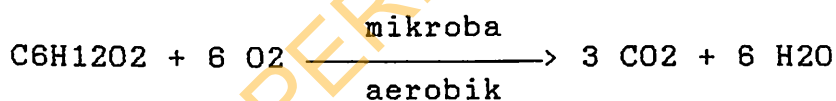
Untuk mengaktifkan mikroba tersebut diperlukan kondisi lingkungan yang sesuai dengan persaratan hidupnya. Faktor lingkungan dimaksud meliputi faktor lingkungan dimaksud meliputi faktor abiotik, misalnya: temperatur, tekanan osmose, ion bermuatan listrik, tegangan permukaan, getaran, tekanan hidrostatis ; sedang faktor biotik nya antara lain : bentuk, sifat penyebaran kemampuan mikroba serta sistim kehidupannya (simbiose, anti biose).

Adanya perubahan yang terjadi dalam lingkungan hidupnya dapat mengakibatkan perubahan sifat morfologi dan fisiologi mikroba. Karena itu ada beberapa golongan mikroba yang dapat dengan cepat menyesuaikan diri dengan demikian menjaga faktor lingkungan sangat penting artinya

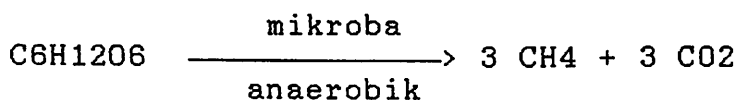
dalam usaha mengendalikan dan menguasai kegiatan mikroba dalam pengolahan air limbah ini.

Proses pengolahan air limbah secara biologi umumnya merupakan kelanjutan dari proses pengolahan secara fisika dan kimia. Dengan demikian kondisi lingkungan akan memungkinkan mikroba untuk melakukan kegiatannya. Berdasarkan kebutuhan akan oksigen, maka pengolahan secara biologi dapat digolongkan menjadi dua cara yaitu aerobik dan anaerobik.

Cara aerobik menggunakan mikroba dan oksigen bebas yang terlarut dalam air limbah. Mikroba akan memanfaatkan air limbah sebagai makanannya sehingga dapat berkembang biak. Dengan bantuan oksigen, mikroba mampu mengubah air limbah menjadi karbondioksida dan air sebagaimana reaksi berikut:



Cara anaerobik menggunakan mikroba jenis lain yang tanpa bantuan oksigen mampu mengubah air limbah menjadi metana dan karbon dioksida sebagaimana reaksi berikut :



Cara ini sangat sesuai untuk pengolahan air limbah dengan kadar BOD tinggi (>2.000 mg/l). Karena air limbah dari proses pencelupan mempunyai kadar BOD kurang dari 2.000 mg/l ,maka pengolahan secara biologi anaerobik ini kurang efektif dilakukan.

Pengolahan secara biologi walaupun biaya operasinya relatif rendah tetapi diperlukan biaya investasi (pembuatan instalasi pengolahan) cukup tinggi. Selain itu pelaksanaan operasinya tidak sederhana karena diperlukan pengontrolan kondisi operasi yang ketat. Untuk industri kecil pengolahan secara biologi aerobik yang sederhana adalah kolom oksidasi, kolam yang umum digunakan mempunyai kedalaman 90 sampai 150 cm. Kebutuhan oksigen dipenuhi oleh ganggang atau dari udara terbuka. Usaha memperoleh efisiensi yang tinggi harus diusahakan BOD sekitar 1,5 - 3,5 g/m³/hari, sinar matahari cukup. Kekurangan dari cara ini adalah diperlukan lahan yang cukup luas.

Cara lain untuk mengolah air limbah dari proses pencelupan adalah dengan oksidasi kimia. Proses oksidasi kimia dalam air limbah digunakan untuk mengoksidasi bahan pencemar sehingga mudah dipisahkan. Bahan oksida yang umum digunakan : Klorin, Ozon, Udara, Kalium permanganat hidrogen peroksida.

Pada pengolahan ini pelaksanaan operasinya relatif sederhana, tidak menghasilkan banyak endapan dan pembuatan instalasi pengolahan tidak terlalu mahal.

BAB III

PERCOBAAN

A. TUJUAN PERCOBAAN

Untuk mengolah air limbah industri kecil tenun celup sehingga dapat mengurangi konsentrasi para meter pencemarannya dan dapat dipakai sebagai dasar perencanaan prototipe pengolah air limbah terutama dari proses pencelupan.

B. BAHAN

Bahan yang digunakan adalah air limbah industri kecil tenun celup dari proses pencelupan, hidrogen peroksida dan bahan kimia untuk analisis air limbah.

C. ALAT

Alat yang digunakan adalah :

- gelas piala
- pengaduk gelas
- pengaduk listrik
- pipet
- jerigen plastik

D. METODA PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode percobaan faktorial yang disusun dalam rancangan acak lengkap, dengan perlakuan sebagai berikut:

1. Volume penambahan H₂O₂ , ml (= P):

- A. 1 ml
- B. 2 ml
- C. 3 ml
- D. 4 ml

2. Warna air limbah :

- A. Merah
- B. Hijau
- C. Ungu

E. TAHAPAN PERKERJAAN

Tahapan pekerjaan yang dilakukan adalah:

- Air limbah awal dianalisis untuk parameter pH, BOD, COD, TSS, fenol dan Cr total.
- Diasamkan dengan asam sulfat encer sampai pH sekitar 2.
- Dioksidasi dengan penambahan hidrogen peroksida (H₂O₂) , kemudian diaduk dengan pengaduk elektrik pada putaran cepat (6 l/menit) diikuti dengan putaran lambat (3 l/menit) , masing-masing selama 5 menit.
- Diendapkan selama 2 jam.
- Bagian yang jernih dipisahkan dan dinetralkan dengan larutan soda kostik encer.
- Analisis air limbah setelah diolah untuk parameter pH, BOD, COD, TSS, fenol dan Cr total.
- Perencanaan pembuatan prototipe.

Pada penelitian ini volume air limbah untuk percobaan 1 liter.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PERCOBAAN

I. AIR LIMBAH AWAL.

Warna Merah	: - pH	12,05
	- BOD, mg/l	1.268,26
	- COD, mg/l	1.587
	- TSS, mg/l	1.347
	- Fenol, mg/l	27,13
	- Cr Total, mg/l	0,79
Warna Hijau	: - pH	11,32
	- BOD, mg/l	371,28
	- COD, mg/l	1.173
	- TSS, mg/l	367
	- Fenol, mg/l	4,16
	- Cr Total, mg/l	0,56
Warna Ungu	: - pH	7,32
	- BOD, mg/l	148,85
	- COD, mg/l	529
	- TSS, mg/l	175
	- Fenol, mg/l	0,67
	- Cr Total, mg/l	0,32

II. AIR LIMBAH SETELAH DIASAMKAN

Tabel 1. Hasil uji pH.

Warna Air limbah	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4
Merah	2.21	2,32	2.33	2.34
	2.10	2,10	2,09	2,08
	2.38	2,38	2,35	2.36
Hijau	2,13	2,22	2,35	2,27
	2,22	2,23	2,32	2,34
	2,29	2,27	2,34	2,36
Ungu	2,32	2,27	2,30	2,34
	2,17	2,17	2,17	2,18
	2,10	2,16	2,10	2,12

III. AIR LIMBAH SETELAH DIOLAH

Tabel 2. Hasil Uji pH

Vol. H ₂ O ₂ ml/l Warna Air limbah	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4
Merah	2,24	2,75	2,34	2,36
	2,11	2,10	2,10	2,08
	2,40	2,39	2,37	2,37
Hijau	2,16	2,24	2,37	2,28
	2,23	2,23	2,33	2,35
	2,31	2,29	2,35	2,36
Ungu	2,34	2,28	2,41	2,36
	2,18	2,17	2,19	2,18
	2,11	2,19	2,11	2,14

Tabel 3. Hasil Uji BOD.

Vol. H2O2 ml/l Warna Air limbah	B.O.D				% Pengurangan B.O.D			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Merah 1268,26	236,3	244,1	243,8	239,7	81,37	80,75	80,78	81,10
	239,8	242,5	247,1	248,7	81,09	80,88	80,52	80,39
	246,3	238,5	245,1	249,4	80,58	81,19	80,67	80,33
Hijau 371,28	183,1	178,4	189,6	190,2	50,68	51,95	48,93	48,77
	180,4	179,6	178,2	194,4	51,41	51,63	52,00	47,64
	192,5	176,5	179,3	186,2	48,15	52,46	51,71	49,85
Ungu 148,85	65,2	68,3	72,1	62,8	56,20	56,20	51,56	57,81
	68,4	64,8	69,8	63,6	54,05	56,47	53,11	57,27
	67,5	62,3	65,6	70,6	54,65	58,15	55,93	52,57

Tabel 4. Hasil Uji COD.

Vol. H2O2 ml/l Warna Air limbah	C.O.D				% Pengurangan C.O.D			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Merah 1.587	1.518	1.496	1.485	1.508	4,35	5,73	5,80	4,98
	1.523	1.518	1.498	1.509	1,09	4,03	5,61	4,91
	1.497	1.506	1.512	1.488	0,58	5,67	4,73	6,24
Hijau 1.173	635	642	670	637	45,86	45,27	42,88	45,69
	675	663	620	645	42,45	43,48	47,14	45,01
	672	668	628	658	42,71	43,05	46,46	43,90
Ungu 529	476	482	489	472	10,02	8,88	7,56	10,77
	498	478	485	483	5,86	9,64	8,32	8,70
	474	495	481	476	10,40	6,43	9,07	10,02

Tabel 5. Hasil Uji TSS.

Vol. H2O2 ml/l Warna Air limbah	T.S.S				% Pengurangan T.S.S			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Merah 1.347	236	282	253	274	82,48	79,06	81,22	79,66
	249	285	234	254	81,51	78,84	82,63	81,14
	278	237	248	281	79,36	82,40	81,59	79,14
Hijau 367	184	176	182	177	49,86	52,04	50,41	51,77
	186	178	174	193	49,32	51,50	52,59	47,41
	183	176	172	185	50,14	52,04	53,13	49,59
Ungu 175	74	69	76	75	57,71	60,57	56,57	57,14
	74	73	78	71	57,71	58,29	55,43	59,43
	70	68	71	76	60,00	61,14	59,43	56,57

Tabel 6. Hasil Uji Fenol

Vol. H2O2 ml/l Warna Air limbah	F e n o l				% Pengurangan F e n o l			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Merah 27,3	15,25	16,31	16,79	17,08	44,14	40,26	38,50	37,44
	16,75	17,47	16,39	17,54	38,64	36,01	39,96	35,75
	15,20	16,24	16,32	15,45	44,32	40,51	40,22	43,41
Hijau 4,16	3,15	3,25	2,95	2,84	24,28	24,76	29,09	31,73
	3,05	2,97	3,10	2,78	26,68	38,81	22,11	33,17
	3,12	2,98	3,20	2,95	25,00	28,36	23,08	29,05
Ungu 0,67	0,37	0,31	0,34	0,39	44,78	53,73	49,25	41,79
	0,41	0,38	0,38	0,34	38,81	43,28	43,28	43,28
	0,28	0,27	0,26	0,29	58,21	59,70	61,19	56,72

Tabel 7. Hasil Uji Cr Total

Vol. H2O2 ml/l Warna Air limbah	Cr Total				% Pengurangan Cr Total			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Merah 0,79	0,51	0,42	0,39	0,40	35,44	46,83	50,63	49,37
	0,54	0,49	0,53	0,47	45,57	39,97	32,91	40,51
	0,52	0,46	0,44	0,51	34,18	41,77	44,30	35,44
Hijau 0,56	0,32	0,36	0,31	0,38	42,86	35,71	44,64	44,64
	0,37	0,29	0,34	0,35	33,93	48,21	39,29	37,50
	0,28	0,32	0,36	0,26	50,00	42,86	35,71	53,57
Ungu 0,32	0,18	0,14	0,16	0,08	43,75	56,25	50,00	75,00
	0,12	0,15	0,17	0,14	62,50	53,12	46,87	56,25
	0,18	0,21	0,11	0,09	43,75	34,37	65,62	71,19

B. ANALISIS STATISTIK

Analisis Statistik dilakukan secara faktorial .

Faktor 1 : Volume penambahan H2O2, ml (=F)

- 1 ml (A)
- 2 ml (B)
- 3 ml (C)
- 4 ml (D)

Faktor 2 : Warna air limbah (=W)

- Merah (a)
- Hijau (b)
- Ungu (c)

Kombinasi faktorial dari P dan W :

P	W	a	b	c
A		Aa	Ab	Ac
B		Ba	Bb	Bc
C		Ca	Cb	Ac
D		Da	Cb	Dc

Tabel 8. Penggolongan % pengurangan BOD menurut perlakuan dan blok.

Blok Perlakuan	I	II	III	Jumlah	Rata-Rata
1. Aa	81,37	81,09	80,58	243,04	81,01
2. Ab	50,68	51,41	48,15	150,24	50,08
3. Ac	56,20	54,05	54,65	164,90	54,97
4. Ba	80,75	80,88	81,19	242,82	80,94
5. Bb	51,95	51,63	52,46	156,04	52,01
6. Bc	54,11	56,47	58,15	168,73	56,24
7. Ca	80,78	80,52	80,67	241,97	80,66
8. Cb	48,93	52,00	51,71	152,64	50,88
9. Cc	51,56	53,11	55,97	160,60	53,53
10. Da	81,10	80,39	80,33	241,82	80,61
11. Db	48,37	47,64	49,85	146,26	48,75
12. Dc	57,81	57,27	52,57	167,65	55,88
Jumlah :	744,01	746,46	746,24	2.236,71	62,13

Tabel 9. Penggolongan % pengurangan BOD dari 3 kali ulangan menurut faktor penambahan H2O2 dan warna air limbah serta rata-ratanya.

P	W	a	Rata-2	b	Rata-2	c	Rata-2	Jumlah	Rata-2
A		234,04	81,01	150,24	50,08	164,90	54,97	558,18	62,02
B		242,82	80,94	156,04	52,01	168,73	56,24	567,59	63,06
C		241,97	80,66	152,64	50,88	160,60	53,53	555,21	61,69
D		241,82	80,61	146,26	48,75	167,65	55,88	555,73	61,75
Jml :		969,65		605,18		661,88		2236,71	
Rata ²			80,80		50,43		55,16		

Tabel 10. Analisis sidik ragam dari % pengurangan BOD.

Sumber Keragaman SK	Derajat Bebas db	Jumlah Kuadrat JK	Kuadrat Tengah KT	F hit	F tabel 5%	F tabel 1%
Blok	2	0,30	0,150	0,06	3,44	5,72
Perlakuan	11	6.440,87	585,534	234,21**	2,26	3,18
P	3	11,04	3,680	1,47	3,05	4,82
W	2	6.407,40	3203,700	1.281,48**	3,44	5,72
PW	6	22,43	3,783	1,51	2,55	3,76
Kesalahan	22	55,01	2,500			
Jumlah	46	12.937,05				

** Berbeda nyata

Tabel 11. Uji BNT pengaruh perlakuan warna air limbah terhadap % penurunan BOD.

Perlakuan	Rata-rata	Beda
b	50,43	
c	55,16	4,73
a	80,80	30,37** 25,64

** Berbeda nyata

Tabel 12. Penggolongan % penurunan COD menurut perlakuan dan blok.

Perlakuan	Blok I	II	III	Jumlah	Rata-rata
1. Aa	4,35	4,03	5,67	14,05	4,68
2. Ab	45,86	42,45	42,71	131,02	43,67
3. Ac	10,02	5,86	10,40	26,28	8,76
4. Ba	5,73	4,35	5,10	15,18	5,06
5. Bb	45,27	43,48	43,05	131,80	43,93
6. Bc	8,88	9,64	6,43	24,95	8,32
7. Ca	5,80	5,61	4,73	16,14	5,38
8. Cb	42,88	47,14	46,46	136,48	45,49
9. Cc	7,56	8,32	9,07	24,95	8,32
10. Da	4,98	4,91	6,24	16,13	5,43
11. Db	45,69	45,01	43,90	134,60	44,87
12. Dc	10,77	8,70	10,02	29,49	9,83
Jumlah :	237,79	229,50	233,78	701,07	19,47

Tabel 13. pengolahan % pengurangan COD dari 3 kali ulangan menurut faktor penambahan H₂O₂ dan warna air limbah serta rata-ratanya.

P	W	a	Rata-2	b	Rata-2	c	Rata-2	Jumlah	Rata-2
A		14,05	4,68	131,02	43,67	26,28	8,76	171,35	19,04
B		15,18	5,06	131,80	43,93	24,95	8,32	171,93	19,10
C		16,14	5,38	136,48	45,49	24,95	8,32	171,57	19,73
D		16,13	5,38	134,60	44,87	29,49	9,83	180,22	20,02
Jml :		61,50		533,90		105,67		701,07	
Rata ²			5,12		44,49		8,81		

Tabel 14. Analisis sidik ragam dari % pengurangan COD

Sumber Keragaman SK	Derajat Bebas db	Jumlah Kuadrat JK	Kuadrat Tengah KT	F hit	F tabel 5%	F tabel 1%
Blok	2	2,87	1,435	0,69	3,44	5,72
Perlakuan	11	11.359,00	1032,636	498,62**	2,26	3,18
P	3	6,26	2,087	1,01	3,05	4,82
W	2	11.347,05	5673,525	2.739,51**	3,44	5,72
PW	6	5,69	0,948	0,46	2,55	3,76
Kesalahan	22	45,56	2,071			
Jumlah	46	22.766,43				

** Berbeda nyata

Tabel 15. Uji BNT pengaruh perlakuan warna air limbah terhadap % pengurangan COD.

Perlakuan	Rata-rata	Beda
a	5,12	
c	8,81	3,69
b	44,49	39,37** 35,68

** Berbeda nyata

Tabel 16. Penggolongan % pengurangan TSS menurut perlakuan dan blok.

Perlakuan	Blok	I	II	III	Jumlah	Rata-rata
1. Aa		82,48	81,51	79,36	243,35	81,12
2. Ab		49,86	49,32	50,14	149,32	49,77
3. Ac		57,71	57,71	60,00	175,42	58,47
4. Ba		79,06	78,84	82,40	240,30	80,10
5. Bb		52,04	51,50	52,04	155,58	51,86
6. Bc		60,57	58,29	61,14	180,00	60,00
7. Ca		81,22	82,63	81,59	245,44	81,81
8. Cb		50,41	52,59	53,13	156,13	52,04
9. Cc		56,57	55,43	59,43	171,43	57,14
10. Da		79,66	81,14	79,14	239,94	79,98
11. Db		51,77	74,41	49,59	148,77	49,59
12. Dc		57,14	59,43	56,57	173,14	57,71
Jumlah :		758,49	755,80	764,53	2.278,82	63,30

Tabel 17. pengecolongan % pengurangan TSS dari 3 kali ulangan menurut faktor penambahan H2O2 dan warna air limbah serta rata-ratanya.

P	W	a	Rata-2	b	Rata-2	c	Rata-2	Jumlah	Rata-2
A		243,35	81,12	149,32	49,77	175,42	58,47	568,09	63,12
B		240,30	80,10	155,58	51,86	180,00	60,00	575,88	63,99
C		245,44	81,81	156,13	52,04	171,43	57,14	573,00	63,67
D		239,94	79,98	148,77	49,59	173,14	57,71	561,85	62,43
Jml :		969,03		609,80		699,99		2278,82	
Rata ²			80,75		50,82		58,33		

Tabel 18. Analisis sidik ragam dari % pengurangan TSS.

Sumber Keragaman SK	Derajat Bebas db	Jumlah Kuadrat JK	Kuadrat Tengah KT	F hit	F tabel	
					5%	1%
Blok	2	3,63	1,815	0,91	3,44	5,72
Perlakuan	11	5.867,39	533,399	310,30**	2,26	3,18
P	3	14,81	4,937	2,87	3,05	4,82
W	2	5.821,19	2910,595	1.693,19**	3,44	5,72
PW	6	31,39	5,232	3,04	2,55	3,76
Kesalahan	22	37,83	1,719			
Jumlah	46	11.776,24				

* Berbeda nyata

** Berbeda sangat nyata

Tabel 19. Uji BNT pengaruh perlakuan warna air limbah terhadap % pengurangan TSS.

Perlakuan	Rata-rata	Beda
b	50,82	
c	58,33	7,51
a	80,75	29,93** 22,45

** Berbeda nyata

Tabel 20. Penggolongan % pengurangan Fenol menurut perlakuan dan blok.

Perlakuan	Blok	I	II	III	Jumlah	Rata-rata
1. Aa		44,14	38,64	44,32	127,10	42,37
2. Ab		24,28	26,68	25,00	75,96	25,32
3. Ac		44,78	38,81	58,21	141,80	47,27
4. Ba		40,26	36,01	40,51	116,78	38,93
5. Bb		21,87	28,60	28,36	78,83	26,28
6. Bc		53,73	43,28	59,70	156,71	52,24
7. Ca		38,50	39,96	40,22	118,68	39,56
8. Cb		29,09	25,48	23,08	77,65	25,88
9. Cc		49,25	43,28	61,18	153,72	51,24
10. Da		37,44	35,75	43,41	116,60	38,87
11. Db		31,79	33,17	22,11	87,07	29,02
12. Dc		41,79	43,28	56,72	141,79	47,26
Jumlah :		456,49	432,94	502,83	1.392,69	38,69

Tabel 21 Penggolongan % pengurangan Fenol dari 3 kali ulangan menurut faktor penambahan H₂O₂ dan warna air limbah serta rata-ratanya.

P	W	a	Rata-2	b	Rata-2	c	Rata-2	Jumlah	Rata-2
A		127,10	42,37	75,96	25,32	141,80	47,27	344,86	38,82
B		116,78	38,93	78,83	26,28	156,71	52,24	352,32	39,15
C		118,68	39,56	77,65	25,88	153,72	51,24	350,05	38,89
D		116,60	38,87	87,07	29,02	141,79	47,26	345,46	38,38
Jml :		479,16		319,51		594,02		1392,69	
Rata ²			39,93		26,63		49,50		

Tabel 22. Analisis sidik ragam dari % pengurangan Fenol

Sumber Keragaman SK	Derajat Bebas db	Jumlah Kuadrat JK	Kuadrat Tengah KT	F hit	F tabel 5%	F tabel 1%
Blok	2	200,21	100,105	15,97*	3,44	5,72
Perlakuan	11	3.278,22	298,020	47,55**	2,26	3,18
P	3	14,30	4,767	0,76	3,05	4,82
W	2	3.167,69	1583,845	252,73**	3,44	5,72
PW	6	96,23	16,038	2,55	2,55	3,76
Kesalahan	22	137,87	6,267			
Jumlah	46	6.894,52				

* Berbeda nyata

** Berbeda sangat nyata

Tabel 23. Uji BNT pengaruh perlakuan warna air limbah terhadap % pengurangan Fenol

Perlakuan	Rata-rata	Beda
b	26,63	
a	39,93	13,30
c	49,50	22,87** 9,57

** Berbeda nyata

Tabel 24. Penggolongan % pengurangan Cr Total menurut perlakuan dan blok.

Perlakuan	Blok	I	II	III	Jumlah	Rata-rata
1. Aa		35,44	45,57	34,18	115,19	38,40
2. Ab		42,86	33,93	50,00	126,79	42,26
3. Ac		43,75	62,50	43,75	150,00	50,00
4. Ba		46,83	37,97	41,77	126,57	42,19
5. Bb		35,71	48,21	42,86	126,78	42,26
6. Bc		56,25	53,12	34,73	143,74	47,91
7. Ca		50,63	32,91	44,30	127,84	42,61
8. Cb		44,64	39,29	35,71	119,64	39,88
9. Cc		50,50	46,87	65,62	162,49	54,16
10. Da		49,37	40,51	35,44	125,32	41,77
11. Db		44,64	37,50	53,57	135,71	45,24
12. Dc		75,00	56,25	71,19	202,44	67,48
Jumlah :		575,12	534,63	552,76	1.662,51	46,18

Tabel 25. Penggolongan % pengurangan Cr Total dari 3 kali ulangan menurut faktor penambahan H2O2 dan warna air limbah serta rata-ratanya.

P	a	Rata-2	b	Rata-2	c	Rata-2	Jumlah	Rata-2
A	115,19	38,40	126,79	42,26	150,00	50,00	391,98	43,55
B	126,57	42,19	126,79	42,26	143,74	47,91	391,09	44,12
C	127,84	42,61	119,64	39,88	162,49	54,16	409,97	44,55
D	125,32	41,77	135,71	45,24	202,44	67,48	463,47	51,50
Jml : Rata2	494,92	41,24	508,92	42,41	658,67	54,89	1662,51	

Tabel 26. Analisis sidik ragam dari % pengurangan Cr Total

Sumber Keragaman SK	Derajat Bebas db	Jumlah Kuadrat JK	Kuadrat Tengah KT	F hitung	F tabel
				5%	1%
Blok	3	68,56	68,5	15,97*	3,44
Perlakuan	3	2.144,84	194,985	2,73**	2,26
	3	358,19	119,397	1,67	3,05
	2	1.373,20	686,600	9,62**	3,44
PW	6	413,45	68,908	0,95	2,55
Kesalahan	22	1.570,56	6,267		
Jumlah	46	5.928,80			

* Berbeda nyata

** Berbeda sangat nyata

Tabel 27. Uji BNT pengaruh perlakuan warna air limbah terhadap % pengurangan Cr Total

Perlakuan	Rata-rata	Beda
a	41,24	
b	42,41	1,17
c	54,89	13,65** 12,48

** Berbeda nyata

C PEMBAHASAN

Dengan melihat hasil uji air limbah setelah mengalami proses pengolahan bila dibandingkan dengan sebelum diolah menunjukan terjadinya penurunan kualitas, terutama kadar dari parameter : BOD,COD,TSS, fenol dan Cr total (Tabel 3 s/d 7) ; selain itu air limbah yang dihasilkan menjadi jernih.

Berdasarkan hasil analisis statistik untuk parameter :

1. BOD.

Hasil analisis sidik ragam (Tabel 10) menunjukan bahwa penambahan H₂O₂ serta interaksi antara penambahan H₂O₂ dan warna air limbah tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap % pengurangan BOD. Sedangkan warna air limbah memberikan pengaruh yang sangat nyata.

Dari uji beda nyata terkecil perlakuan warna air limbah terhadap % pengurangan BOD (Tabel 11) menunjukan bahwa

: warna air limbah hijau maupun ungu , % pengurangan BOD tidak berbeda nyata satu dengan yang lain. Untuk warna air limbah merah, % pengurangan BOD air limbah warna merah lebih besar bila dibandingkan dengan warna air limbah hijau maupun ungu.

Penurunan rata - rata BOD terendah 80,61% pada penambahan hidrogen peroksida 4 ml/l dan tertinggi 81,01% pada penambahan hidrogen peroksida 1 ml/l.

2. COD

Hasil analisis sidik ragam (Tabel 14) menunjukkan bahwa penambahan H₂O₂ serta interaksi antara penambahan H₂O₂ dan warna air limbah tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap % pengurangan COD. Sedangkan warna air limbah memberikan pengaruh yang sangat nyata. Dari uji beda nyata terkecil perlakuan warna air limbah terhadap % pengurangan COD (Tabel 15) menunjukkan bahwa : warna air limbah merah maupun ungu , % pengurangan COD tidak berbeda nyata satu dengan yang lain. Untuk warna air limbah hijau, % pengurangan COD memberikan beda nyata. Keadaan ini disebabkan prosentasinya terpecahnya COD air limbah warna hijau lebih besar bila dibandingkan dengan warna air limbah merah maupun ungu. Penurunan rata-rata COD terendah 43,67% pada penambahan hidrogen peroksida 1 ml/l dan tertinggi 45,49% pada penambahan hidrogen peroksida 3 ml/l.

3. TSS

Hasil analisis sidik ragam (Tabel 18) menunjukkan bahwa penambahan H₂O₂ tidak memberikan pengaruh yang

nyata terhadap % pengurangan TSS. Tetapi interaksi antara penambahan H₂O₂ dan warna air limbah memberikan pengaruh nyata, sedangkan warna air limbah memberikan pengaruh sangat nyata.

Dari uji beda nyata terkecil perlakuan warna air limbah terhadap % pengurangan TSS (Tabel 19) menunjukkan bahwa : warna air limbah hijau maupun ungu , % pengurangan TSS tidak berbeda nyata satu dengan yang lain. Untuk warna air limbah merah, % pengurangan TSS memberikan beda nyata. Keadaan ini disebabkan prosentase terpecahnya TSS air limbah warna merah lebih besar bila dibandingkan dengan warna air limbah hijau maupun ungu. Penurunan rata-rata TSS terendah 79,98 % pada penambahan hidrogen peroksida 4 ml/l dan tertinggi 81,80 % pada penambahan hidrogen peroksida 3ml/l.

4. FENOL

Hasil analisis sidik ragam (Tabel 22) menunjukkan bahwa penambahan H₂O₂ serta interaksi antara penambahan H₂O₂ dan warna air limbah tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap % pengurangan fenol. Sedangkan warna air limbah memberikan pengaruh yang sangat nyata. Dari uji beda nyata terkecil perlakuan warna air limbah terhadap % pengurangan fenol (Tabel 23) menunjukkan bahwa : warna air limbah merah maupun hijau , % pengurangan fenol tidak berbeda nyata satu dengan yang lain. Untuk warna air limbah ungu , % pengurangan fenol memberikan beda nyata. Keadaan ini disebabkan prosentase terpecahnya

senyawa fenol air limbah warna ungu lebih besar bila dibandingkan dengan warna air limbah merah maupun hijau. Penurunan rata-rata fenol terendah 38,81 % pada penambahan hidrogen peroksida 1 ml/l dan tertinggi 61,19% pada penambahan hidrogen peroksida 3 ml/l.

5. Cr TOTAL

Hasil analisis sidik ragam (Tabel 26) menunjukkan bahwa penambahan H₂O₂ serta interaksi antara penambahan H₂O₂ dan warna air limbah tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap % pengurangan Cr total. Sedangkan warna air limbah memberikan pengaruh yang sangat nyata. Dari uji beda nyata terkecil perlakuan warna air limbah terhadap % pengurangan Cr total (Tabel 27) menunjukkan bahwa : warna air limbah merah maupun hijau , % pengurangan Cr total tidak berbeda nyata satu dengan yang lain. Untuk warna air limbah ungu, % pengurangan Cr total memberikan beda nyata. Keadaan ini disebabkan prosentase terpecahnya senyawa Cr heksavalen air limbah warna ungu lebih besar bila dibandingkan dengan warna air limbah merah maupun hijau. Penurunan rata-rata Cr total terendah 34,37 % pada penambahan hidrogen peroksida 2 ml/l dan tertinggi 75,00 % pada penambahan hidrogen peroksida 4 ml/l.

D SPESIFIKASI ALAT PROTOTIFE

Basis : 8 liter air limbah bekas proses pencelupan per hari.

Sistem tidak kontinyu.

A. Bak Ekualisasi

Fungsi : untuk menampung air limbah selama 1 hari
supaya kualitasnya homogen

Ukuran : - Panjang 33 cm
- Lebar 26 cm
- Tinggi 12 cm

Volume : 9,9 l

Volume Efektif : 8 l

B. Bak Oksidasi

Fungsi : - Bak pengaduk
- Bak oksidasi
- Bak pengendap

Ukuran : - diameter 30 cm
- tinggi 15 cm

Volume : 10,6 l

Volume efektif : 8 l

Pengadukan cept 6 l/menit selama 5 menit.

Pengadukan lambat 3 l/menit selama 3 menit.

Waktu pengendapan 2 jam.

C. Bak Netralisasi

Fungsi : Untuk menampung air limbah dari bak oksidasi
dan menjadi tempat netralisasi sebelum air
limbah dibuang.

Ukuran : - panjang 33 cm
- lebar 26 cm
- tinggi 12 cm

Volume : 9,9 l

Volume efektif : 8 l

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil percobaan pengolahan air limbah industri kecil tenun celup menggunakan hidrogen peroksida sebagai pemecah warna, dapat diketahui bahwa terjadi :

- penurunan kadar BOD sampai 81,01 % pada air limbah berwarna merah (dengan penambahan hidrogen peroksida 1 ml/l).
- penurunan kadar COD sampai 45,49 % pada air limbah berwarna hijau (dengan penambahan hidrogen peroksida 3 ml/l).
- penurunan kadar TSS sampai 81,81 % pada air limbah berwarna merah (dengan penambahan hidrogen peroksida 3 ml/l).
- penurunan kadar fenol sampai 61,19 % pada air limbah berwarna ungu (dengan penambahan 3 ml/l).
- penurunan kadar Cr total sampai 75,00 % pada air limbah berwarna ungu (dengan penambahan hidrogen peroksida 4 ml/l).
- air limbah hasil pengolahan menjadi jernih.

Sedangkan peralatan prototipe terdiri dari :

- bak ekualisasi : 1 buah
- bak oksidasi : 1 buah
- bak netralisasi : 1 buah.

DAFTAR PUSTAKA

1. Amirudin, s Teks " Pewrna Makanan dan Zat Warna Tekstil" Arena Tekstil No. 8, Balai Besar Litbang Industri Tekstil, Bandung, 1988
2. Anonimous "Zat Warna dan Zat Pembawa Dalam Pematikan" Departemen Perindustrian, Jakarta, 1978.
3. Anonimous "Buku Panduan Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran Industri Tekstil" Departemen Perindustrian, Jakarta, 1985.
4. Anonimous "Buku Cara Uji Air dan Air Limbah di Jawa Timur" Biro Bina Kependudukan dan Lingkungan Hidup Sekretariat Wilayah Dati I Jawa Timur, Surabaya, 1990.
5. Eckenfelder, W.W,Jr "Industrial Water Pollution Control " Mc graw Hill Book Company, New York, 1966.
6. Eckenfelder, W.W,Jr "Prnciples of Water Quality Management" CBI Publishing Company, Inc, Massachusetts,1980.
7. Metcalf & Eddy, Inc "Waste Wtaer Engineering" Reuse, Treatment, Disposal

Tata Mc Graw Hill Publishing Company
Ltd, New Delhi, 1984

8. Santoso, Steks "Karakteristik Air Limbah Industri
Tekstil" Arena Tekstil No. 11, Balai
Besar Litbang Inustri Tekstil
Bandung, 1990.

9. Sudjana "Desain dan Analisis Experimen"
Penerbit Tarsitu, Bandung, 1980.

DISPERPUSIP JATIM

Lampiran

Contoh Analisis Statistik Parameter ROD.

Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{(2.236,71)^2}{36} = 138.968,66$$

Jumlah Kuadrat (JK)

$$\begin{aligned} JK \text{ Jumlah} &= 81,37^2 + 81,09^2 + \dots + 52,57^2 - \\ &\quad 138.968,66 \\ &= 145.464,84 - 138.968,66 \\ &= 6.496,18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK \text{ Blok} &= \frac{744,01^2 + 746,46^2 + 746,24^2}{12} - 138.968,66 \\ &= 138.968,96 - 138.968,66 = 0,30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK \text{ Perlakuan} &= \frac{243,04^2 + 150,24^2 + \dots + 167,65^2}{3} - 138.968,66 \\ &= 145.409,53 - 138.968,66 = 6.440,87 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK \text{ P} &= \frac{558,18^2 + 567,59^2 + 555,21^2 + 555,73^2}{9} - 138.968,66 \\ &= 138.979,70 - 138.968,66 = 11,04 \end{aligned}$$

$$JK \text{ W} = \frac{969,65^2 + 605,18^2 + 661,88^2}{12} - 138.968,66$$

$$= 145.376,06 - 138.968,66 = 6.407,40$$

$$\begin{aligned} \text{JK PW} &= \frac{243,04^2 + 242,82^2 + \dots + 167,5^2}{3} - 138.968,66 \\ &\quad - 11,04 - 6.407,40 \\ &= 145.409,53 - 138.968,66 - 11,04 - 6.407,40 \\ &= 22,43 \end{aligned}$$

$$\text{Kesalahan} = 6.496,18 - 030 - 6.440,87 = 55,01$$

Beda Nyata Terkecil (BNT)

Pengaruh W.

$$\text{BNT} = t \frac{2(2,5)}{12} = t (0,645)$$

$$\text{BNT pada level 5 \%} = 2,074 (0,645) = 1,34$$

$$\text{BNT pada level 1 \%} = 2,819 (0,645) = 1,82$$

Tabel 11. Uji BNT pengaruh perlakuan warna air limbah terhadap % pengurangan BOD

Perlakuan	Rata-rata	B e d a
b	50,43	
c	55,16	4,73
a	80,80	30,37 ** 25,64

** Berbeda nyata.