

APLIKASI UNIT PENGOLAH AIR DENGAN TEKNOLOGI MEMBRAN DI UKM ELEKTROPLATING.

Luqman Buchori

luqmanbuchori@undip.ac.id

Faleh Setia Budi

Heru Susanto

Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik UNDIP
Jl. Prof. Soedharto, SH,
Tembalang – Semarang; Telp.
(024)7460058; fax. (024)76480675

Electroplating industry is characterized in the metal plating process. This process occurs in the electroplating bath that contains a chemical solution. Before the coating process, the metal material to be coated should be washed first to remove the impurity attached. The metal materials that have been completely coated are then took from the bath and rinsed with water to clean the chemical solution attached at those materials. UD Citra Utama obtains the water used for cleaning from the well in industry area around the company. Unfortunately, the water well used is characterized by its relatively high salt content and turbid. Initial water analysis showed that those parameters are beyond the standard of water quality used for cleaning in electroplating industry. The use of this water has negative impact such as decreasing the water quality, slows down the speed of coating process and eventually decreases the capacity and company income. To solve this problem, we have developed water treatment unit that treats the well water into pure water. The unit contains reverse osmosis (RO) membrane, pump, cartridge prefilter and media filter. In addition, the unit is equipped with the accessories such as pressure gauge, flow meter and feed/product tank. The results of evaluation showed that water treatment unit can increase the product capacity 30% from 30 m² to 39 m² that correspond to income from Rp. 2000000,- to Rp 2600000,-. In addition, this unit can decrease the company omset from 5% to 0.5%. The water produced from this unit could meet the government role (Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor : 416/MENKES/IX/1990).

Keywords : *electroplating; water treatment unit; pure water*

Pendahuluan

Industri kecil elektroplating merupakan industri kecil yang belum banyak berkembang di Kota Semarang. Terdapat sekitar 15 industri kecil ini di Kota Semarang yang tersebar di beberapa wilayah seperti di Kelurahan Pedurungan, Lingkungan Industri Kecil (LIK) Bugangan Baru Kaligawe, Karangayu dan Kecamatan Banyumanik. Sebagai unit usaha, keberadaan industri kecil ini di Kota Semarang tidak dapat diabaikan karena dapat menopang perekonomian Kota Semarang melalui penyerapan tenaga kerja, kegiatan produksi yang menghasilkan produk dan kontribusi pajak daerah. Salah satu industri kecil yang bergerak di bidang elektroplating (pelapisan logam) adalah UD Citra Utama yang terletak di daerah LIK Terboyo.

Proses utama pada industri elektroplating ini terletak pada proses pelapisan logam. Proses ini terjadi di bak elektroplating yang di dalamnya terdapat larutan kimia. Sehingga dapat dikatakan bahwa bak elektroplating ini merupakan jantung dari proses elektroplating. Jika bak elektroplating terdapat masalah maka proses pelapisan logam tidak akan sempurna atau terganggu sehingga hasilnya pun menjadi jelek.

Sebelum dilakukan proses pelapisan, bahan logam yang akan dilapisi harus dicuci dulu untuk menghilangkan kotoran yang menempel. Kotoran yang menempel pada bahan logam yang akan dilapisi akan mengganggu proses elektroplating dan mengurangi kekuatan lapisan (lapisan mudah rontok) (Durney, 1996). Setelah bahan logam yang akan dilapisi dicuci, bahan logam tersebut dicelup ke dalam larutan kimia yang ada di dalam bak elektroplating untuk dilakukan proses elektroplating dalam jangka waktu tertentu dan menggunakan arus listrik. Kemudian bahan logam yang sudah selesai dielektroplating dikeluarkan dari bak elektroplating dan dibilas dengan menggunakan air sumur untuk membersihkan larutan kimia yang menempel di bahan logam yang sudah dielektroplating. Selanjutnya bahan logam yang sudah dielektroplating dan dibilas tersebut dikeringkan dan dipoles supaya terlihat mengkilat.

Selama ini air yang digunakan untuk mencuci dan membilas berasal dari air sumur yang ada di lokasi usaha. Oleh karena Lingkungan Industri Kecil (LIK) Bugangan Baru Kaligawe berdekatan dengan pantai (± 2 km)

maka air sumur yang ada di lingkungan LIK dan sekitarnya mempunyai salinitas atau kadar garam yang agak tinggi. Selain itu air sumur yang dipakai juga berwarna keruh. Dari analisa awal air sumur diperoleh bahwa kandungan TDS (*Total Dissolved Solid*, Total Padatan Terlarut), TSS (*Total Suspended Solid*, Total Padatan Tersuspensi), besi (Fe), dan klorida (Cl) cukup tinggi melebihi baku mutu untuk air proses. Kadar TDS diperoleh sebesar 835 mg/L, kadar TSS sebesar 1165 mg/L, kadar Fe sebesar 2,6 mg/L Fe, dan kadar Cl sebesar 456 mg/L Cl. Hal ini terlihat dari penampakan fisik air umpan tersebut yang sangat keruh dan berwarna coklat yang menandakan kandungan TSS dan besinya tinggi.

Penggunaan air sumur tanpa diproses untuk mencuci bahan logam yang akan dilapis dan membilas bahan logam yang sudah dielektroplating mempunyai dampak negatif, antara lain:

1. Menurunnya kualitas larutan kimia di dalam bak elektroplating
Air cucian yang masih menempel di bahan logam yang akan dielektroplating akan masuk ke dalam larutan kimia di dalam bak elektroplating dan lama kelamaan jumlahnya semakin banyak sehingga akan menurunkan konsentrasi larutan kimia yang dibutuhkan dan meningkatkan kadar kotoran (terutama NaCl) di dalam larutan kimia.
 - a. Menurunnya konsentrasi larutan kimia dapat menyebabkan lambatnya proses pelapisan logam sehingga dapat menurunkan kapasitas yang pada akhirnya akan mengurangi pendapatan UKM.
 - b. Tingginya impuritas/kotoran di dalam larutan kimia dapat menyebabkan turunnya kualitas pelapisan (lapisan elektroplating mudah rontok) sehingga akan mempengaruhi kepuasan konsumen (Parthasaradhy, 2001).
2. Meningkatnya jumlah buangan limbah cair.
Air sumur yang sudah selesai digunakan untuk membilas logam yang telah dilapisi hanya bisa digunakan 3 kali dan setelah itu harus dibuang. Lama kelamaan buangan air bekas pembilasan akan terakumulasi dan menjadi limbah cair yang tidak bisa dibuang

sembarangan karena mengandung logam dan bahan kimia berbahaya.

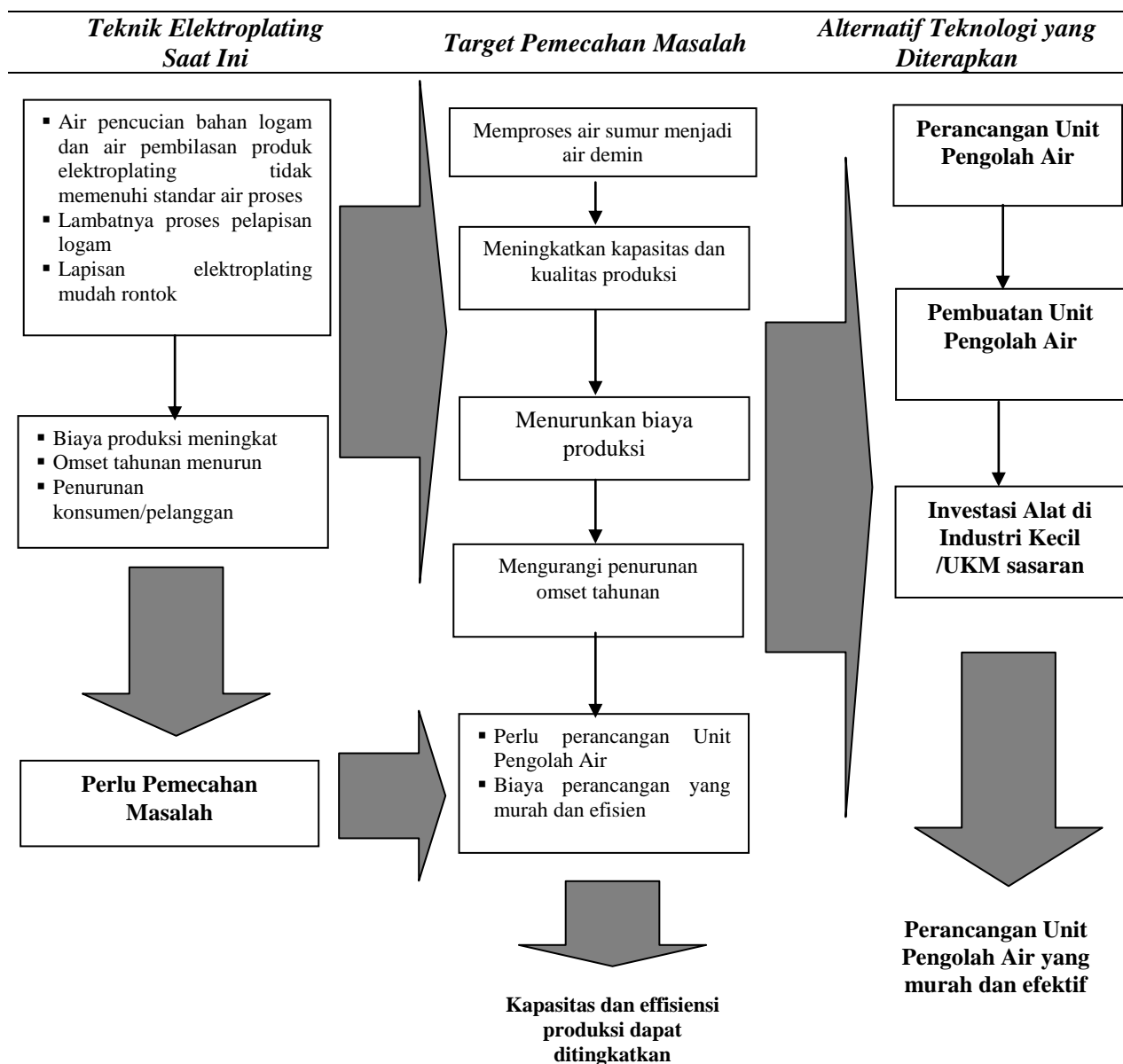
Berdasarkan kondisi tersebut maka perlu adanya pemecahan dari permasalahan tersebut agar kapasitas produksi bisa dipertahankan atau bahkan ditingkatkan, kualitas produk elektroplating bisa ditingkatkan sehingga kepuasan pelanggan akan terpenuhi dan dapat meminimalkan/menghilangkan jumlah buangan limbah cair melalui proses produksi bersih. Sebagai upaya pemecahan masalah tersebut adalah dengan membuat unit pengolah air yang dapat memproses air sumur menjadi *demineralized water*. Diharapkan dengan adanya unit pengolah air tersebut kapasitas produksi bisa dipertahankan, kualitas produk elektroplating bisa ditingkatkan dan buangan limbah cair bisa dihilangkan sehingga omset UKM bisa meningkat tanpa menghasilkan buangan yang dapat mencemari lingkungan.

Metode Penyelesaian Masalah

Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut maka kegiatan ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu rancang bangun unit pengolah air, penyuluhan dan pelatihan dan monitoring. Metode penyelesaian masalah yang terjadi di UD CITRA UTAMA mengikuti alur pada gambar yang disajikan pada Gambar 1.

Evaluasi Proses dan Rancang Bangun Unit Pengolah Air

Kegiatan tahap ini bertujuan mengevaluasi proses yang ada saat ini dan penyelesaian dari permasalahan yang ada. Pada proses elektroplating yang ada saat ini, proses pencucian bahan logam yang akan dilapisi dan pembilasan bahan logam yang sudah selesai dielektroplating menggunakan air yang berasal dari air sumur yang ada di lokasi usaha. Oleh karena Lingkungan Industri Kecil (LIK) Bugangan Baru Kaligawe berdekatan dengan pantai (± 2 km) maka air sumur yang ada di lingkungan LIK dan sekitarnya mempunyai salinitas atau kadar garam yang agak tinggi. Selain itu air sumur yang dipakai juga berwarna keruh. Dari analisa awal air sumur diperoleh bahwa kandungan TDS sebesar 835 mg/L, TSS sebesar 1165 mg/L, besi (Fe) sebesar 2,6 mg/L, dan klorida (Cl) sebesar 456 mg/L.



Gambar 1. Skema Penyelesaian Masalah

Untuk mengatasi hal ini maka perlu dirancang unit pengolah air yang memproses air sumur menjadi air proses (air demin) yang memenuhi standar kualitas air proses. Alat ini merupakan unit pengolah air dengan menggunakan teknologi membran. Rancangan unit pengolah air tersaji pada Gambar 2.

Unit Pengolah Air dengan Teknologi Membran ini terdiri dari sejumlah komponen, yaitu :

a. Pompa pendorong

Pompa pendorong ini berfungsi untuk meningkatkan tekanan sistem. Beberapa dari unit ini juga mempunyai suatu pompa pendorong untuk meningkatkan penolakan dan nilai produksi. Kebutuhan akan suatu

pompa pendorong tergantung pada kontaminan, TDS dan jenis membran.

b. *Prefilter (Catridge)*

Prefilter berfungsi untuk menghilangkan sejumlah kecil partikel yang mengendap dari air umpan untuk mengurangi beban membran.

c. Carbon Aktif

Fungsi utama dari carbon aktif adalah untuk menghilangkan rasa apapun yang tidak diinginkan, bau atau residu organik dari air hasil pengolahan.

d. Membran Reverse Osmosis (RO)

Reverse osmosis adalah suatu proses dimana air masuk melalui membran semi permeabel.

Air yang memasuki membran disebut air umpan sedangkan air yang keluar atau telah melewati membran disebut air hasil pengolahan atau air produk. Air yang kembali lagi disebut air yang ditolak atau air tolakan. RO dapat mengurangi komponen organik, inorganik, bakteri dan partikulat yang dapat ditemukan di dalam air yang tercemari. Agar proses dapat berjalan, air yang akan dipisahkan dari komponen yang tidak dikehendaki diberi suatu tekanan sehingga air dapat melewati membran, tetapi kontaminan tidak dapat menembus dinding membran (tertahan). Hal ini akan menyebabkan air murni terkumpul disisi lain membran. Air tersebut kemudian ditampung dan langsung dapat digunakan atau disimpan (Byrne, 1995).

e. Tangki Penyimpanan

Tangki penyimpanan berfungsi untuk menyimpan air produk yang keluar dari membran Reverse Osmosis. Air yang keluar dari membran RO terdiri dari 2 macam yaitu permeat dan retentat. Air yang akan digunakan sebagai air proses (air demin) adalah air yang tersimpan sebagai permeat sedangkan air retentat dibuang karena air ini

merupakan air kotor hasil pengolahan air sumur (Mulder, 1996).

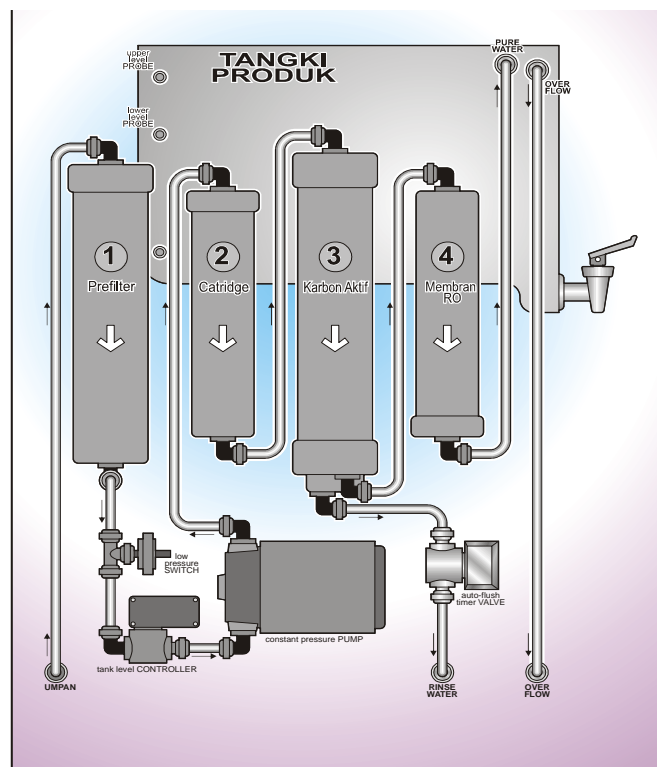
f. Pressure Gauge

Pressure Gauge berfungsi untuk menunjukkan tekanan di dalam membran. Tekanan ini bisa diperbesar atau diperkecil dengan menggunakan katup/valve.

Penyuluhan dan Pelatihan

Kegiatan tahap ini bertujuan untuk meningkatkan ketrampilan sumber daya manusia dari UKM mitra tentang tata cara pengoperasian dan pemeliharaan alat tersebut. Kegiatan ini dilaksanakan dengan memberikan pengetahuan tentang proses pengolahan air dengan teknologi membran dan pengetahuan tentang baku mutu air proses (air demin). Penyuluhan dan pelatihan diberikan langsung pada UKM mitra tentang cara pengoperasian alat. Selain itu juga diberikan pengetahuan tentang perawatan Unit Pengolah Air ini supaya tidak mudah rusak. Dengan cara ini diharapkan UKM mitra dapat lebih intensif dalam menerima alih teknologi dan diharapkan pihak UKM mampu mengoperasikan alat tersebut secara mandiri.

Rancangan Unit Pengolah Air



Gambar 2. Rancangan Unit Pengolah Air Proses dengan Teknologi Membran

Monitoring

Kegiatan tahap ini bertujuan untuk memonitor hasil proses elektroplating pada UKM mitra setelah adanya Unit Pengolah Air ini. Selain itu juga untuk mengidentifikasi hambatan-hambatan yang ada selama proses produksi dan pengoperasian alat berlangsung. Sebagai indikator dalam tahap ini adalah : (1) konsentrasi larutan kimia di dalam bak elektroplating tidak menurun (stabil), (2) hasil elektroplating tidak mudah rontok, (3) buangan limbah cair UKM menjadi kecil dan (4) biaya operasional produksi dengan adanya alat ini menjadi rendah. Dengan hasil itu diharapkan UKM lain dapat terangsang untuk membuat alat serupa dalam rangka menjaga keberlangsungan proses produksi, serta meningkatkan kualitas dan kapasitas produk.

Hasil Dan Pembahasan

Hasil yang diperoleh dari kegiatan ini adalah berupa Unit Pengolah Air. Peralatan Unit Pengolah Air yang dibuat tersaji pada Gambar 3. Dengan adanya unit pengolah air ini maka proses pencucian dan pembilasan menjadi lebih sempurna sehingga kapasitas dan kualitas produksi akan meningkat dan buangan limbah cair dapat dihindari.



Gambar 3. Unit Pengolah Air dengan Teknologi Membran

Deskripsi Proses Pengolahan Air

Pada prinsipnya proses pengolahan air melalui unit penyaringan multi tahap ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Air umpan dari sumber air dialirkan ke dalam sistem RO melalui cartridge dan penyaring karbon.
2. Air umpan selanjutnya menuju membran RO.
3. Umpan masuk ke dalam RO akan terbagi menjadi dua aliran yaitu aliran permeat (yang melewati membran) dan retentat (yang tidak melewati membran).
4. Permeat dari RO merupakan produk yang bisa dikonsumsi untuk air minum, air keperluan industri dan lain-lain.
5. Tekanan operasi RO dapat dibaca pada indikator tekanan

Kelebihan sistem pengolah air dengan RO ini adalah :

- Sederhana
- Biaya instalasi rendah
- Tingkat kapasitas produksi sangat tinggi dari 25.000 sampai 60.000 lt/m²/hari.
- Perawatan mudah, karena yang digunakan pada sistem ini adalah bahan non logam
- Energi yang digunakan pada proses pengolahan air sekitar 1 sampai 3 kWh per 1000 lt air
- Teknologi RO dapat digunakan untuk menghilangkan kontaminan organik dan inorganik.
- Teknologi RO dapat menggunakan air umpan apa saja, termasuk air laut.
- Teknologi RO menggunakan sedikit bahan kimia.

(Byrne, 1995)

Air demin (*demineralized water*) yang dihasilkan dari unit pengolah air ini kemudian dianalisa. Hasil analisa air umpan dan air demin yang dihasilkan tersaji pada Tabel 1. berikut ini.

Tabel 1. Hasil analisa air umpan dan produk (air demin)

NO.	PARAMETER	SATUAN	BAKU MUTU	AIR UMPAN	AIR DEMIN
1.	Suhu	°C	-	31	31
2.	pH	-	6,5 – 8,5	7,8	6,7
3.	Total Padatan Terlarut	mg/L		835	18
4.	Total Padatan Tersuspensi	mg/L	1000	1165	10

NO.	PARAMETER	SATUAN	BAKU MUTU	AIR UMPAN	AIR DEMIN
5.	Nitrat	mg/L N-NO ₃	10	0,33	0,30
6.	Nitrit	mg/L N-NO ₂	1,0	0,1	<0,02
7.	Ammonia	mg/L N-NH ₃	-	<0,02	<0,02
8.	Klorida	mg/L Cl	250	456	13,20
9.	Besi	mg/L Fe	0,3	2,6	0,09
10.	Minyak dan Lemak	mg/L	-	tt	tt
11.	Kesadahan Total	mg/L CaCO ₃	500	70	4,0
12.	Kalsium	mg/L Ca	-	26,4	0,8
13.	Magnesium	mg/L Mg	-	0,96	0,48
14.	Phenol	mg/L	-	0,03	<0,01
15.	Tembaga	mg/L Cu	1,0	0,01	<0,005
16.	Krom	mg/L Cr	0,05	<0,03	<0,03
17.	Kadmium	mg/L Cd	0,005	<0,005	<0,005
18.	Seng	mg/L Zn	5,0	<0,01	<0,01
19.	Timbal	mg/L Pb	0,05	0,05	0,02
20.	Sianida	mg/L CN	0,1	<0,005	<0,005
21.	COD	mg/L O ₂	-	12,23	-
22.	BOD	mg/L O ₂	-	4,62	-

Dari hasil analisa tersebut diperoleh bahwa produk air demin (*demineralized water*) yang dihasilkan dari unit pengolah air ini telah memenuhi standar air proses. Kandungan TDS (Total Padatan Terlarut) turun dari 835 mg/L menjadi 18 mg/L, kandungan TSS (Total Padatan Tersuspensi) turun dari 1165 mg/L menjadi 10 mg/L, kandungan Cl (klorida) turun dari 456 mg/L Cl menjadi 13,2 mg/L Cl, kandungan Fe (besi) turun dari 2,6 mg/L Fe menjadi 0,09 mg/L Fe, kesadahan total (CaCO₃) turun dari 70 mg/L CaCO₃ menjadi 4,0 mg/L CaCO₃ dan kandungan Ca (kalsium) turun dari 26,4 mg/L Ca menjadi 0,8 mg/L Ca.

Setelah Unit Pengolah Air dioperasikan pada UKM UD Citra Utama dan kemudian dilakukan evaluasi terhadap proses produksi elektroplating dengan menggunakan air demin ini maka :

1. Kuantitas produk dapat dipertahankan dan kapasitas produksi meningkat karena konsentrasi larutan kimia dapat dipertahankan sehingga proses pelapisan logam berjalan cepat. Peningkatan kapasitas produksi ini sebesar 30% dari 30 m² menjadi 39 m².
2. Pendapatan UKM dapat ditingkatkan karena proses elektroplating berjalan cepat sehingga UKM dapat mengerjakan pesanan dengan lebih banyak. Dengan adanya Unit pengolah air ini, pendapatan UKM meningkat sebesar 30% dari Rp. 2.000.000,00 per hari menjadi Rp. 2.600.000,00 per hari.

3. Kepuasan konsumen dapat dijaga dan ditingkatkan karena produk elektroplating yang dihasilkan lebih bagus dan tidak mudah rontok. Dengan adanya Unit pengolah air ini, penurunan omset UKM akibat kekecewaan/ketidakpuasan konsumen menurun dari 5% menjadi 0,5%.
4. Kotoran dan impuritas yang terkandung dalam bahan baku air sumur dapat dihilangkan.
5. Kualitas produk elektroplating meningkat karena air yang digunakan sudah memenuhi standar air proses sehingga lapisan elektroplating tidak mudah rontok.
6. Buangan limbah cair UKM dapat dihilangkan sehingga UKM bisa memproduksi tanpa menghasilkan buangan yang dapat mencemari lingkungan.
7. Kualitas sumber daya manusia UKM meningkat dengan adanya unit pengolah air ini.

Analisa Ekonomi Hasil Kegiatan

Dengan adanya unit pengolah air ini maka proses pencucian dan pembilasan menjadi lebih sempurna sehingga kapasitas dan kualitas produksi akan meningkat dan buangan limbah cair dapat dihindari. Kapasitas produksi elektroplating saat ini adalah 30 m² per hari. Jika setiap tahun diambil jam kerja 300 hari maka kapasitas total setiap tahun pada saat ini adalah 300 x 30 = 9000 m². Dengan adanya alat ini maka kapasitas per harinya meningkat menjadi

39 m². Dengan demikian kapasitas produksi elektroplating sepanjang tahun adalah sebanyak $300 \times 39 = 11.700 \text{ m}^2$. Omset per hari saat ini adalah Rp. 2.000.000,00 sehingga per m² akan diperoleh Rp. 66.667,00. Jika kapasitas produksinya meningkat 39 m² per harinya maka omset perhari akan meningkat menjadi Rp. 2.600.000,00. Dalam waktu satu tahun, dengan adanya unit pengolah air ini maka terjadi kenaikan omset sebesar Rp 180.000.000,- per tahun. Secara terinci analisis perhitungan nilai ekonomi seperti disajikan pada Tabel 2.

Dengan adanya tambahan investasi berupa alat ini maka akan meningkatkan produktifitas dan kapasitas produksi elektroplating. Kenaikan

permintaan konsumen yang terus bertambah setiap saat dapat teratasi karena keberlangsungan dan kualitas produksi tetap bisa terjaga sepanjang tahun tanpa adanya kendala pada pemakaian air proses. Dengan potensi yang demikian besar maka akan dapat merangsang industri elektroplating yang lain untuk mengolah air yang dipakai untuk proses sehingga memenuhi standar air proses sehingga biaya produksi akibat air yang tidak memenuhi standar dapat ditekan serendah mungkin. Dengan semakin berkembangnya iklim usaha ini maka akan dapat memperluas lapangan kerja sehingga akan menyerap lebih banyak tenaga kerja yang akan mengurangi tingkat pengangguran.

Tabel 2. Analisis finansial dengan adanya unit pengolah air

No.	Uraian	Sebelum ada Unit Pengolah Air	Sesudah ada Unit Pengolah Air
1.	Kapasitas produksi rata-rata per hari	30 m ²	39 m ²
2.	Omset per hari	Rp 2.000.000,00	Rp 2.600.000,00
3.	Kapasitas tahunan	9000 m ²	11.700 m ²
4.	Omset tahunan	Rp 600.000.000,00	Rp 780.000.000,-

Dalam satu tahun terjadi kenaikan omset 180.000.000,-

*) Satu tahun = 300 hari kerja

Kesimpulan Dan Saran

Dari kegiatan di atas dapat disimpulkan bahwa UKM dapat meningkatkan kapasitas produksi sebesar 30% dari 30 m² menjadi 39 m² sehingga dapat memenuhi permintaan konsumen pasar yang setiap tahunnya cenderung meningkat. Pendapatan UKM meningkat sebesar 30% dari Rp. 2.000.000,00 per hari menjadi Rp. 2.600.000,00 per hari sehingga penurunan omset UKM akibat kekecewaan/ketidakpuasan konsumen menurun dari 5% menjadi 0,5%. Hasil analisa menunjukkan bahwa air yang dihasilkan dari Unit Pengolah Air dapat memenuhi standar air proses menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor : 416/MENKES/IX/1990. Total Padatan Terlarut (TDS) turun dari 835 mg/L menjadi 18 mg/L, Total Padatan Tersuspensi (TSS) turun dari 1165 mg/L menjadi 10 mg/L, kandungan Cl (klorida) turun dari 456 mg/L Cl menjadi 13,2 mg/L Cl, kandungan Fe (besi) turun dari 2,6 mg/L Fe menjadi 0,09 mg/L Fe.

Dengan air demin yang dihasilkan ini, UKM bisa memproduksi tanpa menghasilkan buangan yang dapat mencemari lingkungan. Selain itu konsentrasi larutan kimia di dalam bak elektroplating dapat dipertahankan sehingga proses pelapisan logam berjalan cepat. Dengan

demikian maka kualitas produk elektroplating menjadi lebih terjaga karena lapisan elektroplating menjadi tidak mudah rontok.

Dari kegiatan yang telah dilakukan, pelaksana dapat memberikan saran agar industri lain yang ada di Semarang terutama yang mempunyai permasalahan tentang air proses baik untuk usaha elektroplating maupun untuk usaha yang lain dapat membuat Unit Pengolah Air ini. Hal ini terkait dengan peningkatan kualitas dan kuantitas dari produk yang dihasilkan. Dengan adanya alat ini, kualitas produk meningkat dan kebutuhan air bersih dan air proses tetap terjaga. Selain itu kuantitas produk yang dihasilkan menjadi lebih besar sehingga omsetnya naik.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional yang telah membiayai kegiatan ini melalui Program IbM, sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Program Pengabdian kepada Masyarakat Nomor : 148/SP2H/PPM/DP2M/VIII/2010, tanggal 24 Agustus 2010.

Daftar Pustaka

1. Byrne, W., (1995), *Reverse Osmosis a Practical Guide for Industrial Users*, 1st ed, Tall Oaks Publishing, Inc, USA.
2. Canning, W., (1978), *The Canning Handbook on Elektroplating*, Published by W. Canning, Limited, Gt. Hampton St. Birmingham B 18 GAS.
3. Durney, L.J., (1996), *Elektroplating Engineering Handbook*, 4th edition, Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE18 HN, UK.
4. Lowenheim, F.A., (1974), *Modern Elektroplating*, 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
5. Mulder, M., (1996), *Basic Principles of Membrane Technology*, Kluwer Academic Publisher, Nedherlands
6. Parthasaradhy, N.V., (2001), *Practical Electroplating Handbook*, Central Electrochemical Research Institute, Prentice Hall, Engelwood Cliffs, New Jersey 07632.
7. Ronal, L.I., (1986), *Metal Finishing, Guidebook and Directory Issue*, Literature Department, 272 Buffalo Avenue, Freeport, New York, 11520