

**LAPORAN AKHIR**  
**PROGRAM DOSEN WAJIB MENELITI**



**INTEGRASI MODEL LEAN MANUFAKTUR DAN DESAIN PARAMETER  
PROSES PENCAMPURAN (MIXING) AIR ASAM DAN KERUH  
PADA PENGOLAHAN AIR BERSIH**

Dibiayai oleh:  
DIPA Universitas Lambung Mangkurat Tahun Anggaran 2020  
Nomor: 023.17.2.6777518/2020 tanggal 16 Maret 2020;  
Universitas Lambung Mangkurat  
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan  
Sesuai dengan SK Rektor Universitas Lambung mangkurat Nomor: 701/UN8/PP/2020  
Tanggal 1 April 2020

**PENELITI**

**Dr. MASTIADI TAMJIDILLAH, S.T., M.T.    NIDN : 0012037008**  
**HERRY IRAWANSYAH, S.T., M.Eng.        NIDN : 0021029002**

**UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT**  
**NOVEMBER 2020**

**HALAMAN PENGESAHAN**

Judul Penelitian : Integrasi Model Lean Manufaktur dan Desain  
Parameter Proses Pencampuran (mixing) Air Asam  
dan Keruh Pada Pengolahan Air Bersih

**Peneliti**

a. Nama Lengkap : Dr. Mastiadi Tamjidillah, S.T., M.T.  
b. NIDN : 0012037008  
c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala  
d. Program Studi : Teknik Mesin  
e. Nomor HP : 08195454041  
f. e-mail : [mastiadit@ulm.ac.id](mailto:mastiadit@ulm.ac.id)

**Anggota Peneliti**

a. Nama Lengkap : Herry Irawansyah, S.T., M.Eng.  
b. NIDN : 0021029002  
c. Perguruan Tinggi : Universitas Lambung Mangkurat

**Anggota Peneliti Mahasiswa**

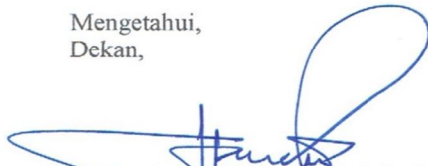
a. Nama Lengkap : Ahmad Najmi Khairi  
b. NIM : 1810816210012  
c. Perguruan Tinggi : Universitas Lambung Mangkurat

Tahun Pelaksanaan : 10 (sepuluh) bulan  
Biaya Tahun Berjalan : Rp. 39.500.000,-  
Biaya Keseluruhan : Rp. 39.500.000,-

Banjarmasin, 25 November 2020

Mengetahui,  
Dekan,

Ketua,



Dr. Bani Nusr Mochamad, S.T., M.T.  
NIP. 19720430 199703 1 003



Dr. Mastiadi Tamjidillah, S.T., M.T.  
NIP. 19700312 199512 1 002

Menyetujui,  
Ketua LPPM ULM.

Prof. Dr. Ir. Danang Biyatmoko, M.Si.  
NIP. 19680507 199303 1 020

## RINGKASAN

Lean manufaktur pada perusahaan manufaktur bertujuan menghilangkan *waste* tujuh non-nilai tambah *waste* tradisional (berlebih, pengolahan, persediaan, transportasi, cacat, menunggu, dan gerak) dalam proses pengolahan air bersih yang sumber air bakunya dari sungai yang asam dan tingkat kekeruhan yang tinggi. Informasi yang didapat dari setiap *waste* dan kondisi air baku menjadi masukan dalam proses desain parameter pada proses pencampuran (*mixing*), sehingga diperlukan integrasi hasil interaksi antara ketujuh jenis *waste* dengan desain parameter (debit, % ppm PAC dan stroke pompa) metode Taguchi dengan desain eksperimen proses pencampuran air baku (asam dan keruh) seperti 5 lt/det, 10 lt/det, 15 lt/det, 20 lt/det dan 25 lt/det dan % konsentrasi PAC 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm dan 27 ppm dengan stroke pompa instalasi 5 %, 10 %, 15%, 20% dan 25 %. Dalam proses penambahan koagulan tawas (PAC) pada proses pencampuran tersebut selalu memperhatikan dan mengamati perilaku gerak partikel yang melayang (*flock*). Partikel tersebut kemudian di SEM (scanning electron microscope) untuk mengetahui dimensi butir *flock* yang melayang hasil pengendapan proses pencampuran. Dengan integrasi lean manufaktur ini untuk minimasi *waste* dan setting desain parameter yang sesuai akan menghasilkan kualitas air bersih sesuai dengan standar. Penelitian ini telah submission pada JSJU jurnal internasional bereputasi (Q1). Dengan model pencampuran yang optimum = 15 % ppm conc. PAC + 15 lt/det + 15% langkah pompa.

**Kata kunci :** lean, integrasi, asam, keruh, pencampuran, air bersih

## **PRAKATA**

Alhamdulillah, Puji syukur kami panjatkan ke khadirat Allah SWT karena atas Rahmat dan HidayahNya, penelitian ini berjalan dengan baik. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak dalam rangka penyediaan air bersih (SPAM) dalam rangka mendapatkan desain parameter yang optimum antara PAC, air baku dan stroke pompa dosing sebagai hasil dari sebuah kajian berdasarkan metode integrasi lean manufaktur dan parameter desain.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini sehingga berjalan lancar, kami sangat senang atas semua masukan dari para ahli instalasi pengolahan air bersih. Karena penelitian ini masih dalam proses penyelesaian maka kritik dan saran yang konstruktif sangat kami harapkan demi kesempurnaan laporan ini. Terima kasih dan semoga bermanfaat.

Banjarmasin, November 2020

Peneliti

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>RINGKASAN</b> .....	iii
<b>PRAKATA</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	ix
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Urgensi Penelitian .....	3
1.5 Luaran Penelitian .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Penelitian terdahulu .....	5
2.2 Roadmap Penelitian .....	6
2.2 Kajian Pustaka .....	8
2.3 Standar kualitas air minum .....	10
2.4 Lean Manufaktur .....	12
2.5 Kerangka konsep penelitian .....	14
2.6 Hipotesis .....	14
<b>BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN</b> .....	15
3.1 Tujuan Penelitian .....	15
3.2 Manfaat Penelitian .....	16
<b>BAB 4 METODE PENELITIAN</b> .....	18
4.1 Bahan dan peralatan.....	18
4.2 Rancangan Penelitian.....	19
4.3 Pengujian kualitas air minum.....	19
4.4 Analisis data.....	20

<b>BAB 5 HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI.....</b>	<b>23</b>
5.1 Pengumpulan Data.....	23
5.3 Pengolahan Data.....	23
5.2 Desain parameter Metode Taguchi .....	27
5.3 Perilaku partikel koloid .....	30
<b>BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>32</b>
6.1 Kesimpulan.....	32
6.2 Saran.....	32

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN (bukti luaran yang didapatkan)**

## DAFTAR TABEL

		<b>hal</b>
Tabel 2.1	Parameter kualitas air minum	10
Tabel 2.2	Parameter kualitas air bersih yang diteliti	11
Tabel 4.1	Variasi desain parameter	20
Tabel 5.1	Nilai AVE antar waste	24
Tabel 5.2	Nilai composite reliability waste	25
Tabel 5.3	Anova waste over processing	25
Tabel 5.4	Proses mixing L9 orthogonal array	27

## DAFTAR GAMBAR

		<b>hal</b>
Gambar 2.1	Roadmap penelitian	8
Gambar 2.2	Proses produksi air bersih	9
Gambar 2.3	Kerangka konsep penelitian	14
Gambar 4.1	Integrasi lean manufaktur dan desain parameter	19
Gambar 4.2	Diagram alir penelitian	22
Gambar 5.1	Normalitas kekeruhan air baku dan air proses pencampuran	26
Gambar 5.2	Plot contour kekeruhan air baku dan air proses pencampuran	27
Gambar 5.3	Efek dan respon proses pencampuran	28
Gambar 5.4	Variasi konsentrasi PAC setiap level	29
Gambar 5.5	SEM gambar Flok	30



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1	Publikasi Journal International JSJU Vol 55, No 5 (2020)
Lampiran 2	Abstrak dan Artikel Semhas Lahan Basah LPPM ULM 23-24 November 2020

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1.Latar Belakang

Pemanfaatan air baku (asam dan keruh) dalam pengelolaan pengembangan sistem penyediaan air minum (SPAM), pengelolaan dan penyediaan air minum (*public water supply*) pada dasarnya memerlukan air yang langsung dapat diminum (*potable water*). Air yang dimaksud harus aman (sehat) dan bagus untuk diminum, tidak berwarna, tidak berbau, dengan rasa yang segar. Air minum harus mempunyai kualitas baik dengan kriteria secara fisik, kimiawi maupun biologi untuk mencegah timbulnya penyakit. Secara umum persyaratan kualitas air minum diatur dalam Permenkes No. 82 tahun 2001.

Untuk mendukung kualitas air bersih diperlukan metode *lean* yang dilakukan secara terus menerus untuk menghilangkan *waste* dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) dengan mengurangi hal-hal yang tidak perlu dalam desain produk (barang atau jasa) agar dapat memberikan nilai kepada pelanggan (*customer value*) sehingga tepat pada tempat yang tepat, pada waktu yang tepat dalam jumlah yang tepat untuk mencapai aliran kerja yang sempurna selain meminimasi *waste* dan menjadi fleksibel (mudah berubah) prosesnya [1].

Salah satu proses penting dalam pendekatan *lean* adalah identifikasi aktivitas-aktivitas mana yang memberikan nilai tambah dan mana yang tidak memberikan nilai tambah. Aktivitas-aktivitas *Lean Thinking* didefinisikan sebagai berikut [2] :

1. *Value added* adalah aktivitas yang memberikan nilai terhadap produk dan pelanggan sehingga aktivitas ini harus selalu ditingkatkan.
2. *Necessary non value added* adalah aktivitas yang masih diperlukan dalam proses produksi seperti inspeksi dan pemindahan tetapi tidak memberikan nilai terhadap produk.
3. *Non value added* adalah aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk dan harus diminimasi atau dihilangkan dari dalam proses produksi.

Berbagai penelitian tentang *lean* manufaktur pada proses produksi air bersih sering dilakukan untuk meminimasi *waste* yang terdapat dalam proses pencampuran penggunaan tawas atau PAC (*poly aluminium chloride*) sebagai bahan pencampur untuk menjernihkan air

mengalami perkembangan, PAC sering digunakan untuk air baku dari sungai, namun demikian untuk air baku dari sungai perlu di pertimbangkan kandungan/komposisi yang berpengaruh pada desain parameter proses pencampuran untuk menghasilkan kualitas air minum. Proses pencampuran setiap setting akan dilihat gambar nya dengan pembesaran kamera 1000 kali untuk melihat perilaku *flock* proses pencampuran tersebut. Banyak upaya yang telah didesain dalam membuat produk yang lebih ramah lingkungan dalam industri air minum. Metode–metode yang dipakai dalam mendesain produk tersebut antara lain; *Green Quality Function Deployment (GQFD)*, *Green Concurrent Engineering*, *sustainable and robust design* [3].

Proses spesifik dalam WTP (*water treatment plant*) adalah proses pencampuran (*mixing*) ini adalah sumber air baku dari sungai yang asam dan turbidity nya sangat tinggi diatas 5 NTU, sehingga diperlukan proses penambahan koagolan yang sesuai untuk menurunkan sesuai standar air bersih. Secara konvensional penambahan variasi koagolan dengan metode *jartest* dilakukan pada proses penurunan turbidity [4], untuk mengetahui estimasi dosis koagolan juga dilakukan dengan menggunakan metode genetic algorithm untuk mencari pendekatan antara parameter kualitas air dengan dosis koagolan yang lebih efisien dan ekonomis [5]. Namun demikian diperlukan usulan metode perbaikan untuk mendesain kualitas air bersih dari awal dengan desain parameter yang mengadopsi metode Taguchi pendekatan green pada proses pencampuran untuk berbagai tingkat turbidity dengan memperhatikan reduksi dan minimasi waste.

Dengan mengintegrasikan lean manufaktur berupa output waste yang paling berpengaruh terhadap proses pencampuran pada WTP, maka diperlukan desain parameter yang sesuai untuk menurunkan tingkat asam dan kekeruhan dengan variasi penambahan koagolan. Sifat koagolan yang bermuatan positif tersebut digunakan untuk menarik partikel koloid yang bermuatan negatif membentuk flock yang akan mengendap ke dasar saluran, perilaku koagolan yang menangkap partikel koloid yang melayang menjadi flock tersebut akan diamati dan dilakukan scanning electron microscope (SEM) untuk mengetahui dimensi butir flock hasil pengendapan proses pencampuran dengan berbagai kandungan senyawanya.

Penelitian yang diusulkan sesuai dengan bidang topik material cerdas yang dikembangkan Universitas Lambung Mangkurat (ULM) yang tertuang dalam Rencana Induk Pengembangan (RIP) 2010-2027. Penelitian ini sangat strategis karena berkaitan dengan lahan

basah dengan memanfaatkan air baku dari sungai yang asam dan tingkat kekeruhan yang tinggi untuk pengolahan air bersih. Dengan memanfaatkan sumber air yang melimpah dapat menghasilkan model proses pencampuran dan luaran penelitian yang bermanfaat dalam teknologi dan kualitas hidup masyarakat.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Dari gambaran permasalahan di atas untuk mendapatkan hubungan antara lean manufaktur yang berkaitan dengan tujuh *waste* untuk meminimasi *waste* dengan desain parameter proses pencampuran dengan melihat perilaku partikel yang melayang *flock*. Output yang didapat dari setiap *waste* akan menjadi masukan dalam proses desain parameter pada proses pencampuran dengan mengintegrasikan hasil interaksi antara ketujuh jenis *waste* pada lean produksi air bersih dan desain parameter.

## **1.3 Tujuan Khusus**

Tujuan jangka panjang penelitian ini adalah menghasilkan integrasi lean manufaktur untuk minimasi *waste* dan model pencampuran (desain parameter) dari PAC, air baku dan *stroke* pompa yang dapat digunakan suatu acuan untuk Perusahaan Air minum yang sumber air bakunya dari sungai, proses integrasi dan pencampuran tersebut juga mengetahui perilaku *flock* dengan menggunakan kamera digital. Tujuan khusus penelitian adalah integrasi lean manufaktur dan desain parameter yang optimum dengan mengetahui struktur mikronya (*flock*) pada proses pencampuran yang menghasilkan kualitas air bersih yang sesuai dengan standar Kemenkes.

## **1.4 Urgensi (keutamaan) Penelitian**

- a. Air baku dari sungai yang jumlahnya mencukupi, namun tingkat asam dan kekeruhannya masih tinggi memerlukan proses pengolahan pada proses pencampuran. Untuk meminimasi kekeruhan atau *waste* tersebut diperlukan analisis *lean* dalam proses manufaktur yang akan mengetahui *waste* yang mana paling berpengaruh terhadap proses pencampuran tersebut.
- b. Kualitas air bersih sangat diperlukan oleh konsumen, dengan menjaga kualitas air bersih yang sesuai dengan standar Kemenkes, maka di perlukan desain parameter yang optimum

untuk proses pencampuran air baku yang spesifik tingkat asam dan kekeruhannya. Air baku yang berasal dari sungai memerlukan desain parameter yang sesuai untuk mendapatkan campuran optimum yang menjadi referensi untuk sumber air baku yang serupa.

### **1.5. Luaran yang Ditargetkan dan Kontribusinya terhadap Ilmu Pengetahuan**

Luaran yang ditargetkan sangat berkontribusi terhadap ilmu pengetahuan khususnya ilmu pengetahuan tentang kualitas produk industri khususnya kualitas air (*quality by design*) baik mengenai *lean* manufaktur dan integrasinya dalam proses pencampuran dengan mengetahui perilaku *flock* nya, karakteristik proses dan desain parameter yang sesuai dengan kondisi input bahan baku. Inovasi jangka panjang yang ditargetkan adalah dihasilkannya integrasi *lean* manufaktur dan desain parameter yang sesuai dengan kondisi input bahan baku untuk meminimasi waste dan optimasi proses pencampuran.

Proses manufaktur dan pengolahan air minum harus memperhatikan input air baku yang spesifik, karena aliran sungai mempunyai kandungan dan komposisi yang akan berpengaruh terhadap kualitas air minum, air baku tersebut dipengaruhi oleh cuaca/musim, dengan melihat input bahan baku yang spesifik dan waste yang mana yang paling dominan dalam proses pencampuran akan dapat diketahui setting apa yang sesuai dengan kondisi tersebut. Integrasi *lean* manufaktur dan proses pengolahan air minum berhubungan dengan kualitas produk dan prosesnya, prinsipnya dalam integrasi *lean* dan proses pencampuran adalah mendapatkan desain parameter yang optimal.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu.

Untuk menskenariokan kondisi lingkungan yang ramah sebagai bentuk penggunaan yang berkelanjutan, sumber daya alam yang dijaga kelestariannya tersebut dengan memperhatikan siklus hidrologi agar sumber daya air tetap terjaga ketersediannya [6,7]. Ada beberapa cara skenario agar air tersedia untuk input industri di hilirnya seperti kebutuhan air minum. Namun demikian kualitas air minum yang dibutuhkan haruslah layak untuk konsumen dengan mengurangi disinfektan yang merupakan limbah (*waste*), ada beberapa kriteria pengambil keputusan untuk mengurangi waste tersebut antara lain memperhatikan proses pengolahan/treatment [8].

Karakteristik kualitas telah banyak diteliti, baik industri manufaktur, industri air dan industri kimia, seperti [9] berpendapat sumber air dari hulu nya harus diperhatikan agar ketersediaan dan kualitas air menjadi lebih baik. Namun demikian sumber daya ini harus berkelanjutan dengan memperhatikan faktor lingkungan yang *renewable* yang berguna untuk kegiatan lainnya seperti pemanfaatan sumber daya energi lainnya, faktor kuantitas harus diperhatikan untuk menjamin ketersediaan air baku [10].

Penelitian tentang hubungan parameter kualitas air baku, kebutuhan chlorine dan kandungan disinfektan dari air minum telah dilakukan [11]. Penggunaan chlorine yang sesuai akan meminimasi disinfektan sehingga produksi air minum yang di suplai ke pelanggan akan terjaga kualitasnya yang sesuai dengan standar. Model yang didapatkan untuk kondisi pengolahan air bersih/minum di malaysia menunjukkan adanya hubungan kebutuhan chlorine berpengaruh terhadap mengurangi disinfektan dan meningkatkan kualitas produknya, parameter-parameter kandungan air baku turut berpengaruh terhadap produk akhirnya dan memerlukan treatment dalam pengolahannya.

Penelitian tentang optimasi yang melibatkan beberapa parameter dan atribut yang banyak yang mengakibatkan banyak respon di usulkan [12]. Selain desain parameter yang sesuai dan optimal untuk semua respon, juga memperhatikan kondisi peralatan/instalasi, tentang faktor kegagalan (*failure*) peralatan dan kehandalan peralatan yang akan berpengaruh

pada proses produksi termasuk di dalamnya proses pencampuran dengan meminimasi *waste*, telah di informasikan oleh [13]. Semua proses produksi tersebut harus memperhatikan evaluasi di setiap tahap rancangan awal (*quality by design*) untuk mendapatkan kualitas produk yang baik dengan memperhatikan multi kriteria dari berbagai alternatif pilihan manajemen dalam mengambil keputusan dalam produksi air minum. Semua usaha di atas dilakukan untuk mendapatkan produk yang berkualitas untuk kebutuhan konsumen dengan selalu melakukan perbaikan terus menerus.

Para peneliti melihat bahwa produksi ramping (*lean*) telah menjadi keharusan dan merupakan bagian integral dari prinsip manufaktur di seluruh dunia dalam beberapa dekade terakhir [14]. Dalam bagian ini prinsip-prinsip produksi yang paling banyak diterapkan ramping (*lean*) yang berperan dalam perusahaan untuk mencapai manfaat penerapan *lean* manufaktur. prinsip-prinsip ini memberikan pemahaman tentang mengapa hal-hal yang dilakukan, dan dasar untuk menilai apakah kemajuan yang dicapai konsisten dengan prinsip-prinsip dalam suatu organisasi.

## **2.2 Roadmap Penelitian**

Dalam rangka memenuhi ketersediaan air baku dan pencapaian target Milenium Development Goals (MDGs). Pimpinan di daerah 5 (Lima) Kabupaten/Kota Provinsi Kalimantan Selatan Kota Banjarmasin, Kota Banjarbaru, Kabupaten Banjar, Kabupaten Barito Kuala dan Kabupaten Tanah Laut, telah melakukan kesepakatan (MoU) Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) secara regional di Kawasan Strategis Provinsi (KSP) Banjarbakula dan selanjutnya disebut SPAM Regional Banjarbakula. Dengan jumlah penduduk ke lima daerah tersebut sekitar 2 juta dengan kebutuhan air baku 1500 l/det maka harus dipastikan ketersediaan air baku yang berkualitas untuk memenuhi kebutuhan regional.

Saat ini SPAM di regional Banjarbakula, hanya PDAM Bandarmasih yang berpenduduk hampir 200 ribu jiwa yang telah 99% terlayani, kota Banjarbaru, Kab. Banjar dengan pelanggan hingga akhir tahun 2018 total pelanggan 62.205.000 orang dengan cakupan pelayanan sekitar 52 %, demikian juga Kab Barito Kuala dan Kab Tanah Laut dibawah target nasional 68% dan target MDGs (*Millennium Development Goals*) PBB 80% dengan rata-rata NRW (*non revenue water*) 29%.

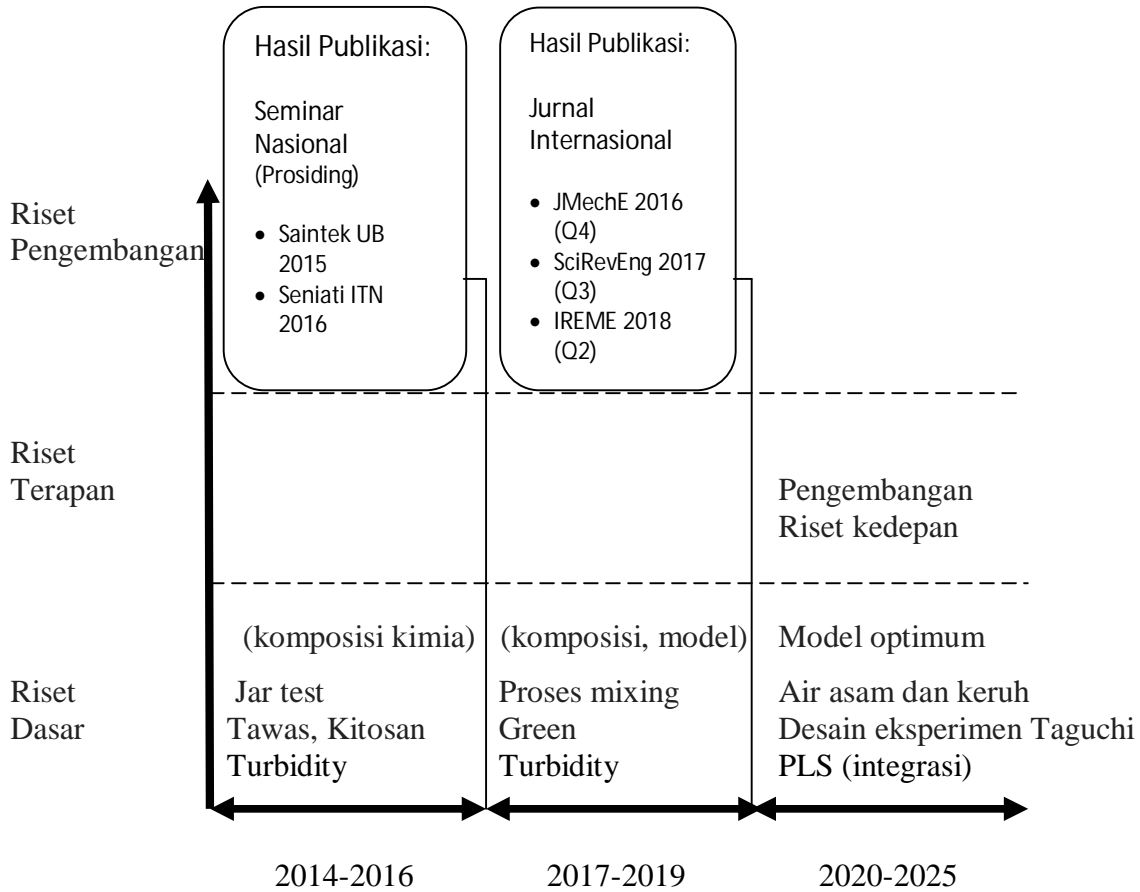
Dengan melihat roadmap perencanaan strategis dan penelitian tersebut, maka pada bagian pencampuran (*mixing*) yang menjadi area penelitian digunakan koagulan (tawas/PAC) untuk membantu proses pengendapan partikel-partikel kecil yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya (secara gravitasi). Koagulan tersebut digunakan secara teratur sesuai kebutuhan (dengan dosis yang tepat). Tawas ini banyak dipakai karena efektif untuk menurunkan kadar *carbonate* dan harganya yang ekonomis, mudah didapat dan mudah disimpan. Pengadukan lambat dan cepat untuk tawas dan air atau chlorine dibutuhkan untuk meratakan bahan kimia (koagulan) yang ditambahkan supaya dapat bercampur dengan air secara baik, jika pengadukan berjalan baik maka partikel flok yang melayang akan semakin padat dan besar supaya dapat diendapkan dari hasil reaksi partikel kecil (koloidal) dengan koagulan yang dibubuhkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan *flok* (partikel yang lebih besar dan bisa mengendap dengan gravitasi) adalah kekeruhan (*turbidity*) pada air, *pH* dan lama pengadukan.

Partikel koloid ini tidak dapat mengendap sendiri dan sulit ditangani secara fisik. Penambahan koagulan PAC mendestabilisasi partikel sehingga terbentuk mikroflok. Mikroflok tersebut kemudian menggumpal menjadi makroflok yang dapat diendapkan melalui proses flokulasi. Proses penggumpalan tergantung pada waktu dan pengadukan lambat dalam air. Umumnya periode flokulasi terjadi selama 10-30 menit setelah proses koagulasi. Semakin cepat waktu pencampuran maka flok yang terbentuk semakin besar dengan karakteristik sumber air baku, kondisi pengadukan, waktu flokulasi, koagolan yang dipilih, dan variasi penambahan dosis koagulasi akan mempengaruhi kinerja dari koagulasi [4].

Partikel-partikel koloid yang berukuran kecil dan halus umumnya bermuatan negatif karena air sungai mengandung senyawa organik atau anorganik yang tidak dapat dihilangkan dengan sedimentasi biasa, dengan menggunakan PAC yang bermuatan positif terbentuklah gaya tarik menarik saling mendekat membentuk gumpalan partikel flock. PAC sebagai unsur dasar aluminium membentuk unit berulang dalam ikatan rantai molekul panjang yang bermuatan positif yang tinggi dan berat molekul yang besar dan dapat memperkecil flok dalam air yang dijernihkan meski dalam dosis tertentu, sehingga menggabungkan netralisasi dan kemampuan menjembatani partikel-partikel flock. PAC juga dapat menetralkan muatan listrik permukaan flock dan mengurangi gaya tolak menolak elektrostatis antar partikel sampai sekecil mungkin, sehingga memungkinkan flock tersebut saling mendekat (gaya tarik menarik



kovalen) dan membentuk gumpalan/massa yang lebih besar. Pada gambar 2.1 di bawah terlihat roadmap secara grafis yang menggambarkan posisi penelitian dan luarannya.



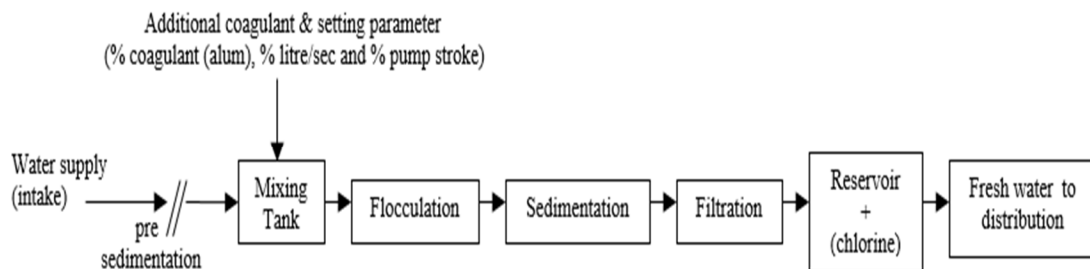
Gambar 2.1 Roadmap penelitian

## 2.3 Kajian Pustaka

### 2.3.1 Sumber Daya Air

Menurut Undang-undang RI No. 7 Tahun 2004 tentang Sumberdaya Air didefinisikan bahwa sumberdaya air adalah air, sumber air, dan daya air yang terkandung didalamnya. Kemudian air didefinisikan sebagai semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat. Sumber air didefinisikan sebagai tempat atau wadah air alami dan/atau buatan yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah. Sedangkan daya air adalah potensi yang terkandung dalam air dan/atau pada sumber air yang dapat memberikan manfaat atau kerugian bagi kehidupan manusia dan lingkungannya. Air

merupakan salah satu senyawa kimia yang terdapat di alam secara berlimpah akan tetapi ketersediaan air yang memenuhi syarat bagi keperluan manusia relatif sedikit karena dibatasi oleh berbagai faktor [15]. Dari sekitar 1.386 juta km<sup>3</sup> air yang ada di bumi, sekitar 1.337 km<sup>3</sup> (97,39%) berada di samudera atau lautan dan hanya sekitar 35 juta km<sup>3</sup> (25,53%) berupa air tawar di daratan dan sisanya dalam bentuk gas/uap. Jumlah air tawar tersebut sebagian besar (69%) berupa gumpalan es dan glasier yang terperangkap di daerah kutub, sekitar 30% berupa air tanah dan hanya sekitar 1% terdapat dalam sungai, danau dan waduk [16]. Dalam proses produksi air minum yang dimulai dari input bahan baku sampai distribusi air minum dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah.



Gambar 2.2 Proses produksi air bersih/minum

Pengolahan air minum adalah usaha teknis yang dilakukan untuk mengubah sifat-sifat suatu zat secara kimia, fisik dan bakteriologi, untuk air minum diperlukan agar mendapatkan/memenuhi standar kualitas air minum yang telah ditentukan oleh Kemenkes. Untuk mendapatkan air minum dengan kualitas yang sesuai dengan standar kesehatan, maka perlu adanya pengolahan air minum yang sesuai sebelum air digunakan oleh konsumen untuk dikonsumsi, adapun tahapan pengolahan air minum terdiri dari:

1. Air baku
2. Bangunan pengendap pertama
3. Pembubuhan koagulan
4. Bangunan pengaduk cepat (mengaduk tawas (PAC) + air
5. Bangunan/bagian unit pembentuk *flok*
6. Bangunan pengendap kedua
7. Bangunan penyaring (filter)

8. Reservoir
9. Pemompaan

#### 2.4 Standar Kualitas Air minum

Baku mutu air adalah persyaratan mutu air yang disiapkan oleh suatu negara atau daerah yang bersangkutan. Air minum yang ideal harus jernih, tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau. Selain itu air minum seharusnya tidak mengandung kuman pathogen dan segala makhluk yang membahayakan kesehatan, tidak mengandung zat kimia yang dapat mengubah fungsi tubuh, dapat diterima secara estetis, serta tidak dapat merugikan secara ekonomis. Air itu seharusnya tidak korosif, tidak meninggalkan endapan pada seluruh jaringan distribusinya. Pada hakekatnya tujuan ini dibuat untuk mencegah terjadinya penyakit bawaan air (*water born disease*)

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 Tahun 1990 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air yang diperbaharui permenkes No.492/Menkes/PER/IV/2010, air minum adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak [17]. Adapun syarat-syarat kesehatan air minum adalah: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tentang kualitas air minum No.492/Menkes/PER/IV/2010 seperti tabel dibawah ini.

Tabel 2.1 Parameter kualitas air minum

No	Jenis parameter	satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter mikrobiologi		
	1) Escheria coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total bakteri koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an organic	Skala NTU	5
	1) Arsen	Mg/l	0,01
	2) Flourida	Mg/l	1,5
	3) Total kromium	Mg/l	0,05
	4) Kadmium	Mg/l	0,003
	5) Nitrit (sebagai NO <sub>2</sub> )	Mg/l	3

	6) Nitrat (sebagai NO <sub>3</sub> )	Mg/l	50
	7) Sianida	Mg/l	0,07
	8) Selenium	Mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter fisik		
	1) Bau	-	Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	Mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa	-	Tidak berasa
	6) Suhu	°C	Suhu udara ± 3
	b. Parameter kimiawi		
	1) Aluminium	Mg/l	0,2
	2) Besi	Mg/l	0,3
	3) Kesadahan	Mg/l	500
	4) Klorida	Mg/l	250
	5) Mangan	Mg/l	0,4
	6) pH	Mg/l	6,5 - 8,5
	7) Seng	Mg/l	3
	8) Sulfat	Mg/l	250
	9) Tembaga	Mg/l	2
	10) Amonia	Mg/l	1,5

Dari hasil penelitian pendahuluan tentang kualitas air baku dan air bersih yang telah dilakukan peneliti, maka parameter yang di ukur sesuai dengan kondisi air sungai/irigasi seperti tabel dibawah ini:

Tabel 2.2 Parameter kualitas air bersih air sungai/irigasi yang diteliti

No	Parameter/variabel		Satuan	Metode
Parameter Fisika				
1	Warna		mg/l pt.co	IK.Lab-8(Spektrofotometri)
2	Kekeruhan (turbidity)*		NTU	IK.Lab-9 (Turbidimetri)
3	Zat padat terlarut total (TDS)*		mg/l	IK.Lab-29 (Konduktivitemetri)
Parameter Kimia				
4	pH*		-	SNI 06.6989.11-2004

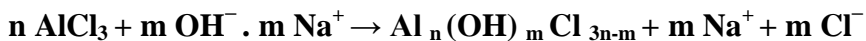
5	Daya hantar listrik*		μmhos/cm	SNI 06. 6989.1-2004
6	Besi* (total)		mg/l	IK.lab-1 (Spektrofotometri)
7	Mangan		mg/l	IK.lab-2 (Spektrofotometri)

Keterangan:

1. \* Parameter terakreditasi No. Akreditasi LP-749-IDN ISO/IEC 17025:2005
2. \*) Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No.05 Tahun 2007 tentang Baku Mutu Air Badan Air

#### 2.4.1 Jenis koagolan pada proses mixing

Jenis koagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah **PAC (*Poly Aluminium Chloride*)** adalah senyawa Al yang lain yang penting untuk koagulasi adalah Polyaluminium chloride (PAC),  $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$ . Ada beberapa cara yang sudah dipatenkan untuk membuat *polyaluminium chloride* yang dapat dihasilkan dari hidrolisa parsial dari aluminium klorida, seperti ditunjukkan reaksi berikut :



Senyawa ini dibuat dengan berbagai cara menghasilkan larutan PAC yang agak stabil. PAC adalah suatu persenyawaan anorganik kompleks, ion hidroksil serta ion aluminium bertarap klorinasi yang berlainan sebagai pembentuk *polynuclear* mempunyai rumus umum  $Al_m(OH)_nCl_{(3m-n)}$ .

#### Tawas

Tawas adalah sejenis koagulan dengan rumus kimia  $Al_2SO_4 \cdot 11 H_2O$  atau  $14 H_2O$  atau  $18 H_2O$  umumnya yang digunakan adalah  $18 H_2O$ . Semakin banyak ikatan molekul hidrat maka semakin banyak ion lawan yang nantinya akan ditangkap akan tetapi umumnya tidak stabil. Pada  $pH < 7$  terbentuk  $Al(OH)^{2+}$ ,  $Al(OH)_2^{4+}$ ,  $Al_2(OH)_2^{4+}$ . Pada  $pH > 7$  terbentuk  $Al(OH)^{-4}$ . Flok –flok  $Al(OH)_3$  mengendap berwarna putih.

#### 2.5 Lean Manufaktur

Prinsip-prinsip *lean* berdasarkan [16] mengusulkan lima prinsip yang menjadi dasar dari penerapan *lean* di dunia barat. Menurut mereka : (1) menentukan nilai bagi pelanggan, (2) mengidentifikasi *value stream* untuk setiap produk untuk membedakan antara nilai tambah

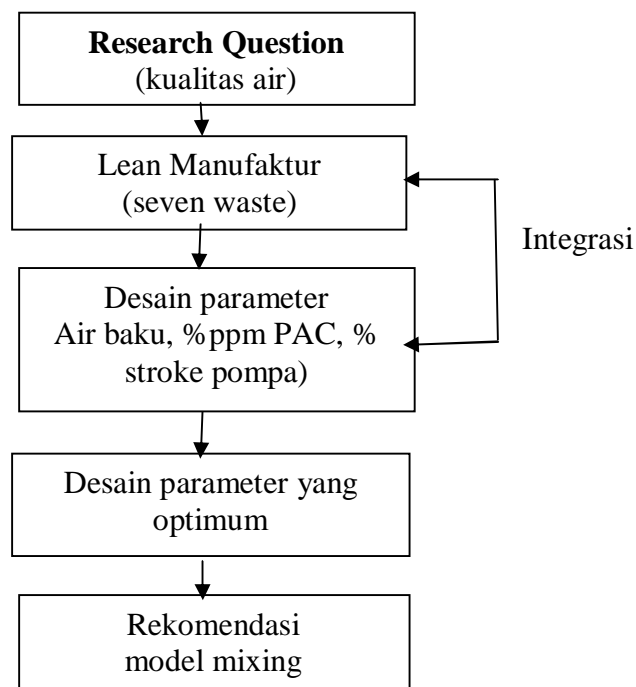
dan produk yang tidak bernilai tambah, (3) membuat aliran produk tanpa setting ulang, (4) memberikan nilai kepada konsumen (*pull product*), dan (5) mencapai kesempurnaan oleh penghapusan limbah (*waste*). Kelima prinsip yang ditentukan pada tingkat filosofis lean manufaktur, dan dapat diterapkan pada konteks bisnis yang berbeda.

Dalam organisasi manufaktur, nilai tambah mungkin melibatkan aktivitas yang meningkatkan bentuk pasar atau fungsi produk, pelanggan bersedia membayar. Mengidentifikasi *value stream* untuk setiap produk. Nilai aliran didefinisikan sebagai, "kegiatan khusus yang diperlukan untuk merancang dengan baik dan menyediakan produk yang berkualitas, dari konsep mendesain, input bahan baku, pengirim barang jadi ke tangan pelanggan" [18], membantu membedakan nilai tambah kegiatan dari kegiatan non nilai tambah untuk masing-masing produk yang diproduksi (misalnya pengerjaan ulang, scrap, waktu tunggu). Berikut ini adalah tujuh jenis *waste* yang tidak menambah nilai seperti teks dibawah ini [19] :

1. *Defect* (cacat) Dapat berupa ketidaksempurnaan produk, kurangnya tenaga kerja pada saat proses berjalan, adanya proses pengerjaan ulang (*rework*) dan klaim dari pelanggan.
2. *Waiting* (menunggu) Dapat berupa proses menunggu kedatangan material, informasi, peralatan dan perlengkapan. Para pekerja hanya mengamati mesin yang sedang berjalan atau berdiri menunggu langkah proses selanjutnya.
3. *Unnecessary inventory* (persediaan yang tidak perlu) dapat berupa penyimpanan inventory melebihi volume gudang yang ditentukan.
4. *Unappropriate processing* (proses yang tidak tepat) dapat berupa ketidaksesuaian proses / metode operasi produksi yang diakibatkan oleh penggunaan *tool* yang tidak sesuai dengan fungsinya ataupun kesalahan prosedur / sistem operasi.
5. *Unnecessary motion* (gerakan yang tidak perlu) dapat berupa gerakan – gerakan yang seharusnya bisa dihindari, misalnya komponen dan kontrol yang jauh dari jangkauan, *double handling*, *layout* yang tidak standart, operator membungkuk.
6. *Transportation* (transportasi) dapat berupa waste waktu karena jarak gudang bahan baku ke mesin jauh atau memindahkan material antar mesin atau dari mesin ke gudang produk jadi.
7. *Over production* (kelebihan produksi) dapat berupa produksi barang.

## 2.6 Kerangka Konsep Penelitian

Kualitas air minum menjadi hal yang terpenting untuk di desain dari awal untuk menghasilkan produk dengan minimasi waste (*waste*) yang terjadi pada proses produksi. Proses produksi air minum dari intake bahan baku sampai reservoir penampungan air pada gambar 1 diatas akan dianalisis dengan analisis *seven waste* untuk melihat hubungan antar waste sekaligus mengetahui waste yang mana yang paling berpengaruh terhadap proses produksi, desain parameter pada bagian mixing diperlukan berdasarkan informasi waste yang paling besar pengaruhnya seperti konsep penelitian pada gambar 2.3 di bawah.



Gambar 2.3 Kerangka konsep penelitian

## 2.7 Hipotesis

Informasi analisis *seven waste* yang telah dilakukan diketahui *waste* yang paling berpengaruh yang akan merekomendasikan desain parameter dengan penambahan kandungan % ppm PAC, jumlah debit air baku dan nilai % stroke pompa dengan nilai tertentu, akan meningkatkan kualitas air minum yang sesuai dengan standar air minum. Dengan mendapatkan formula yang optimum pada desain parameter pada kondisi input bahan baku yang *existing* akan didapatkan kualitas air minum yang baik untuk kebutuhan konsumen.

## **BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

### **3.1. Tujuan Penelitian**

Tujuan jangka panjang penelitian ini adalah menghasilkan integrasi lean manufaktur untuk minimasi *waste* dan model pencampuran (desain parameter) dari PAC, air baku dan *stroke* pompa yang dapat digunakan suatu acuan untuk Perusahaan Air minum yang sumber air bakunya dari sungai, proses integrasi dan pencampuran tersebut juga mengetahui perilaku *flock* dengan menggunakan kamera digital. Tujuan khusus penelitian adalah integrasi lean manufaktur dan desain parameter yang optimum dengan mengetahui struktur mikronya (*flock*) pada proses pencampuran yang menghasilkan kualitas air bersih yang sesuai dengan standar Kemenkes.

### **Urgensi (keutamaan) Penelitian**

- a. Air baku dari sungai yang jumlahnya mencukupi, namun tingkat asam dan kekeruhannya masih tinggi memerlukan proses pengolahan pada proses pencampuran. Untuk meminimasi kekeruhan atau waste tersebut diperlukan analisis *lean* dalam proses manufaktur yang akan mengetahui waste yang mana paling berpengaruh terhadap proses pencampuran tersebut.
- b. Kualitas air bersih sangat diperlukan oleh konsumen, dengan menjaga kualitas air bersih yang sesuai dengan standar Kemenkes, maka di perlukan desain parameter yang optimum untuk proses pencampuran air baku yang spesifik tingkat asam dan kekeruhannya. Air baku yang berasal dari sungai memerlukan desain parameter yang sesuai untuk mendapatkan campuran optimum yang menjadi referensi untuk sumber air baku yang serupa.

### **Luaran yang Ditargetkan dan Kontribusinya terhadap Ilmu Pengetahuan**

- a. Luaran yang ditargetkan sangat berkontribusi terhadap ilmu pengetahuan khususnya ilmu pengetahuan tentang kualitas produk industri khususnya kualitas air (*quality by design*) baik mengenai *lean* manufaktur dan integrasinya dalam proses pencampuran dengan mengetahui perilaku *flock* nya, karakteristik proses dan desain parameter yang sesuai



dengan kondisi input bahan baku. Inovasi jangka panjang yang ditargetkan adalah dihasilkannya integrasi lean manufaktur dan desain parameter yang sesuai dengan kondisi input bahan baku untuk meminimasi waste dan optimasi proses pencampuran.

- b. Proses manufaktur dan pengolahan air minum harus memperhatikan input air baku yang spesifik, karena aliran sungai mempunyai kandungan dan komposisi yang akan berpengaruh terhadap kualitas air minum, air baku tersebut dipengaruhi oleh cuaca/musim, dengan melihat input bahan baku yang spesifik dan waste yang mana yang paling dominan dalam proses pencampuran akan dapat diketahui setting apa yang sesuai dengan kondisi tersebut. Integrasi lean manufaktur dan proses pengolahan air minum berhubungan dengan kualitas produk dan prosesnya, prinsipnya dalam integrasi lean dan proses pencampuran adalah mendapatkan desain parameter yang optimal.

### **3.2. Manfaat Penelitian**

Bagi Masyarakat:

1. Penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi hidup sehat, menjaga kelestarian dan kondisi lingkungan.
2. Penelitian ini dapat membantu upaya mendapatkan sarana air bersih yang sehat, terjangkau sesuai standar Kemenkes.

Bagi Industri Air Bersih:

1. Penelitian ini dapat digunakan sebagai masukan dalam membuat desain parameter yang sesuai dengan kondisi input bahan baku
2. Penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan model pencampuran antara air baku, % ppm PAC dan stroke pompa.

Bagi peneliti:

1. Penelitian ini menjadi sarana untuk memberikan sumbangan manfaat ilmu pengetahuan dan teknologi dalam ikut memecahkan masalah yang terjadi di Industri Air Bersih.
2. Dapat menjadi acuan bagi masyarakat akademik dan industri air bersih lainnya dalam referensi ilmiah terutama penyediaan air bersih yang sehat, mudah didapat.
3. Mendapatkan referensi desain parameter proses pencampuran yang sesuai dengan kondisi input bahan baku air.

## BAB 4 METODE PENELITIAN

### 4.1 Bahan dan peralatan

#### a. Bahan :

Bahan penelitian yang digunakan adalah (1) kertas untuk kuisioner pada bagian produksi (2) *poly aluminium chloride* (PAC) merk PRIMAPAC diproduksi oleh PT Amaniaga Internusa sebagai pencampur/koagolan dengan rumus kimia  $Al_2SO_4 \cdot 11 H_2O$  atau  $14 H_2O$  atau  $18 H_2O$ , (3) air baku dari sungai yang masih mengandung senyawa fisika dan kimia dengan tingkat asam dan kekeruhan tertentu yang digunakan sebagai koagolan pembentuk flok yang mengikat butir-butir yang melayang dari kekeruhan air.

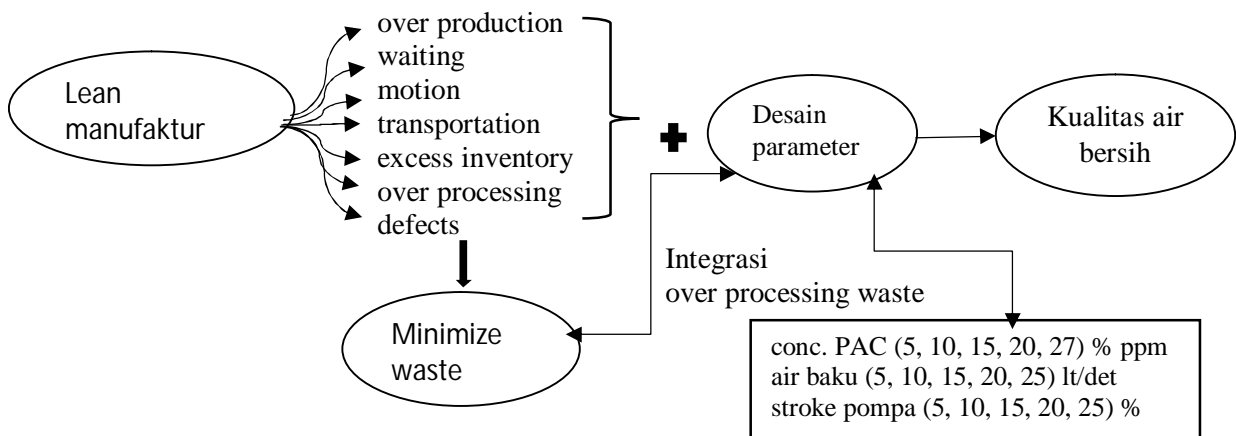
#### b. Peralatan :

1. *Drum besar/reservoir*, digunakan untuk menampung air baku.
2. Pompa *mixer*, digunakan untuk mengaduk air baku dengan *poly aluminium chloride* untuk mendapatkan perbandingan yang sesuai untuk mendapatkan campuran yang homogen.
3. Pipa, fitting dalam instalasi untuk mengatur kecepatan dalam proses pencampuran.
4. Ember, digunakan untuk menakar berapa liter cairan PAC yang diperlukan.
5. Pompa *dossing*, digunakan untuk mengalirkan campuran yang homogen ke reservoir air baku.
6. Instalasi pompa *dossing*, digunakan untuk melakukan mengalirkan campuran yang homogen ke beberapa reservoir, 5lt/det, 10lt/det, 15lt/det, 20lt/det, 25lt/det.
7. Turbidimetri, digunakan untuk mengukur kekeruhan air.
8. Konduktivimetri, mengukur TDS dan daya hantar listrik.
9. *Spectrofotometri*, digunakan untuk melakukan pengujian warna, besi terlarut dan mangan.

## 4.2 Rancangan Penelitian

### 4.2.1 Tahap Desain Eksperimen

Tahap awal dilaksanakan untuk merancang kuisisioner pada bagian produksi yang akan dilakukan sehingga informasi yang berhubungan atau yang diperlukan untuk persoalan yang diteliti dapat dikumpulkan. Dengan kata lain informasi kuisisioner akan memberikan data untuk desain eksperimen sehingga terjadilah integrasi keduanya. Dengan mengkombinasikan lean manufaktur dan model struktur akan didapatkan solusi pengembangan konseptual struktur model berbasis lean produk air bersih untuk minimasi *waste* dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah.



Gambar 4.1 Integrasi model lean manufaktur dan desain parameter pada proses mixing

### 4.2.2 Penentuan Faktor-faktor Dominan proses Pencampuran

Faktor dominan adalah variabel yang diduga mempunyai pengaruh terhadap variabel dependen atau respon. Setelah dilakukan observasi, penelitian pendahuluan, maupun brainstorming dengan para ahli bagian proses produksi air minum, khususnya instalasi pompa pencampuran, faktor-faktor yang diduga mempunyai pengaruh terhadap kedua respon (air tawas/PAC dan lingkungan berupa parameter berbentuk **(asam dan kekeruhan)** adalah :

a). Faktor terkontrol : merupakan faktor yang digunakan dalam mengkondisikan eksperimen seperti: Debit air minum/baku , % ppm air tawas dan stroke/langkah pompa.

Dari hasil pendalaman teoritis yang terjadi pada proses pencampuran air tawas dengan air minum, kualitas air baku, banyaknya ppm % air tawas diduga adanya interaksi antara air

baku dengan air tawas dan air baku dengan stroke/langkah/putaran terhadap kedua respon lihat tabel 4.1 dibawah tentang desain parameter.

Tabel 4.1. Variabel desain parameter

No	Variabel	Tipe data	satuan
1	- Kapasitas/debit air	kuantitatif	Lt/det
2	- Stroke pompa dosing	kuantitatif	%
3	- % ppm tawas	kuantitatif	ppm

(b) Faktor tidak terkontrol: merupakan faktor-faktor yang menyebabkan tingkat variabilitas produk. Faktor ini biasanya terjadi secara alami dan terjadinya sulit untuk diramalkan. Pada eksperimen proses pencampuran ini faktor tersebut antara lain; perbedaan cuaca/temperatur, pH, tekanan air.

### 4.3 Pengujian kualitas air minum

#### a. Pengujian kekeruhan air, daya hantar listrik, warna, besi terlarut, Mn dan parameter lain

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan data kekeruhan air, warna, daya hantar listrik, besi terlarut, TDS, Mn yang disesuaikan dengan perubahan parameter dari PAC, air baku dan stroke pompa. Data-data selama pengujian berlangsung ditabulasikan untuk proses record. Pengujian dilakukan sebelum dan sesudah proses pencampuran seperti (ppm PAC), air baku dan stroke pompa.

#### b. Karakteristik kualitas proses pencampuran

Karakteristik proses pencampuran yang berkaitan dengan desain parameter, senyawa kimia dan struktur kristal dari air minum. Karakteristik kualitas tersebut diketahui setelah proses pencampuran selesai yang langsung diuji. Sedangkan observasi *flock* menggunakan *microcosm digital*.

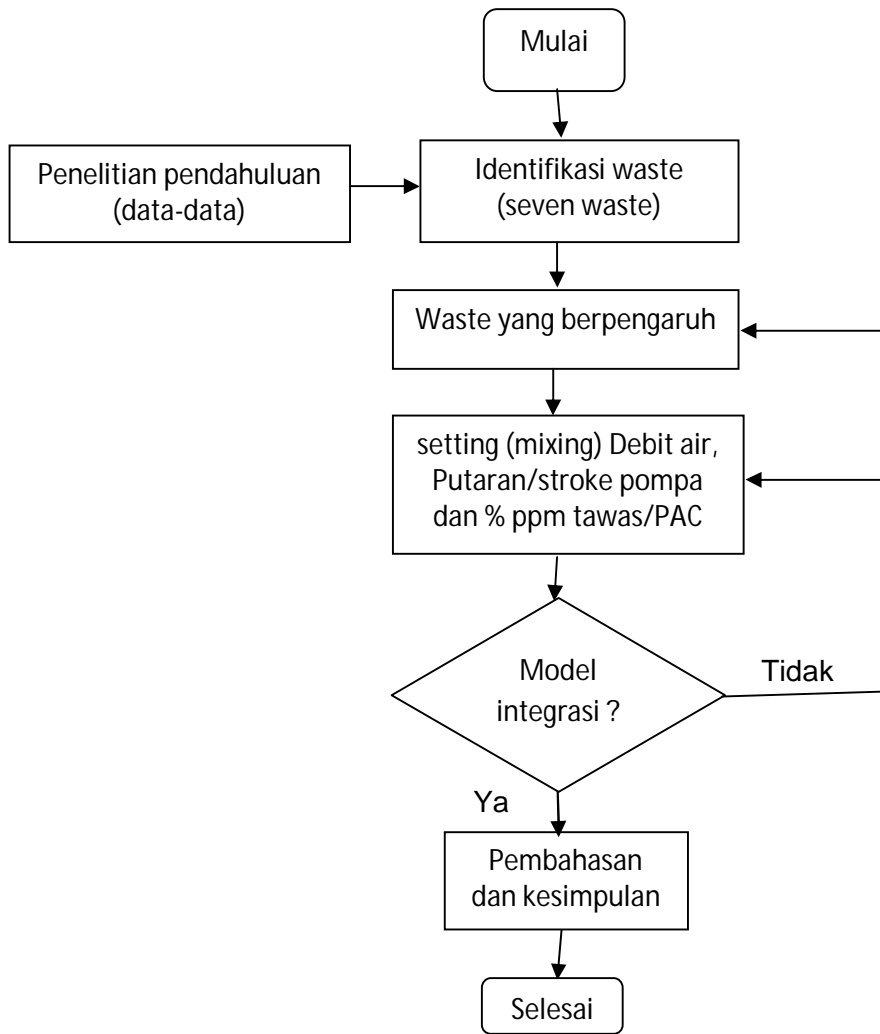
#### c. Gambar struktur mikro proses pencampuran

Gambar *flock* proses pencampuran air dilakukan untuk melihat kondisi air sesuai desain parameter yang dilakukan, ini untuk memperlihatkan bagaimana terjadinya

gambar/image setelah terjadinya proses tercampunya tawas dan air baku, bahkan dapat berupa video untuk melihat struktur mikro pada air yang telah tercampur menggunakan mikroskop digital pembesaran 1000 kali. Dengan melihat secara mikro maka diharapkan gambaran model yang sesuai hasil proses pencampuran akan didapatkan. Model optimasi tersebut akan menjadi masukan bagi industri air minum atau industri air bersih khususnya.

#### **4.4 Analisis Data**

Data pengujian kualitas air ditabulasi untuk memperoleh data kenormalan, data dalam peta kendali yang akan mengetahui sebaran data, apakah masih dalam batas penerimaan atau telah keluar dari batas atas dan batas bawah, data histogram dan data karakteristik kualitas air minum sebelum dan sesudah proses pencampuran. Selanjutnya, data diolah dan analisis terkait dengan data hasil ekperimen dengan menggunakan alat bantu statistik PLS 3.1, SPSS 22, Minitab 17 dengan melalui prosedur pengujian dan analisis data yang sesuai dengan topik penelitian. Program ini digunakan untuk membantu pengolahan data yang banyak, sehingga hasil yang diharapkan menjadi lebih teliti dan baik.



Gambar 4.2 Diagram alir penelitian

## **BAB 5 HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI**

### **5.1. Pengumpulan data**

Pada penelitian ini, yang telah dicapai adalah data parameter air dan desain parameter awal proses pencampuran antara air baku, ppm PAC dan % stroke pompa. Tujuh parameter kualitas air bersih dan tiga variabel setting telah didapatkan. Investigasi waste yang terlihat dari seven waste dalam pengolahan air bersih. Selanjutnya dilakukan klusterisasi atau pengurutan parameter mana yang mempengaruhi kualitas pengolahan air bersih. Dengan melihat hasil output PLS dan desain parameter dengan tool Minitab untuk mengetahui parameter dominan pada air baku dan seven waste pada pengolahan air bersih yang akan dijadikan referensi untuk desain parameter.

### **5.2 Pengolahan Data**

Data yang telah dikumpulkan, kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Minitab 17 untuk pengolahan desain parameter dan PLS untuk seven waste.

#### **5.2.1. Pengujian validitas antar *waste***

Hasil pengujian menunjukkan nilai korelasi antar skor item x dengan skor variabel (*seven waste*) mempunyai nilai secara rata-rata melebihi nilai minimum 0,5 sehingga semua variabel adalah valid. Pengujian validitas untuk indikator reflektif (indikator manifest dan kausal) adalah indikator yang dapat diamati, dengan pendekatan korelasi antar variabel. Pada tabel 5.1 di bawah memperlihatkan nilai korelasi antar skor x dan variabel di atas 0,5. Pada tabel tersebut juga terlihat pada indikator X43 nilainya 0,728 nilai ini merupakan yang terkecil. Sehingga dapat dikatakan indikator dalam penelitian ini valid berdasarkan nilai di atas 0,5 tersebut atau dapat dikatakan berkorelasi tinggi.



Tabel 5.1 Nilai AVE (*Average Variance Extracted*) antar waste

Seven waste (tujuh pemborosan)	Average Variance Extracted (AVE)	Validitas
<i>Defect</i>	0.607	Valid
<i>Waiting</i>	0.745	Valid
<i>Motion</i>	0.612	Valid
<i>Transportation</i>	0.774	Valid
<i>Over Production</i>	0.728	Valid
<i>Over Processing</i>	0.920	Valid
<i>Inventory</i>	0.736	Valid
<i>Minimize Waste</i>	0.781	Valid

Nilai perbandingan AVE (*Average Variance Extracted*) dan keandalan komposit terlihat *waste over processing* lebih besar yang menyebabkan penambahan proses berupa desain eksperimen pada proses pencampuran. Penambahan proses tersebut direkomendasikan dengan desain parameter yang memerlukan waktu, bahan dan proses ulang. Desain parameter yang dilakukan adalah pada proses pencampuran yang terdiri dari % PAC, % debit air baku dan *stroke* pompa pada instalasi pengolahan air bersih.

### 5.2.2. Pengujian Reliabilitas

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa reliabel suatu variabel dengan angka *Cronbach'h Alpha* atau *composite reliability* yang mengukur sesungguhnya. Nilai yang disarankan adalah diatas 0,7. Pada tabel 5.2 di bawah terlihat nilai semua variabel melebihi 0,7. Untuk memperkuat anggapan reliabilitas dapat kita gunakan angka *Cronbach'h Alpha* di atas 0,6. Semua nilai telah melebihi 0,6 berarti tingkat reliabilitasnya sudah baik.

Tabel 5.2 Nilai *composite reliability waste*

<i>Waste (pemborosan)</i>	<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>Composite Reliability</i>	<i>Reliability</i>
<b><i>Defect</i></b>	<b>0.786</b>	<b>0.860</b>	<b>Reliabel</b>
<b><i>Waiting</i></b>	<b>0.721</b>	<b>0.877</b>	<b>Reliabel</b>
<b><i>Motion</i></b>	<b>0.746</b>	<b>0.872</b>	<b>Reliabel</b>
<b><i>Transportation</i></b>	<b>0.846</b>	<b>0.892</b>	<b>Reliabel</b>
<b><i>Over Production</i></b>	<b>0.816</b>	<b>0.889</b>	<b>Reliabel</b>
<b><i>Over Processing</i></b>	<b>0.919</b>	<b>0.958</b>	<b>Reliabel</b>
<b><i>Inventory</i></b>	<b>0.828</b>	<b>0.898</b>	<b>Reliabel</b>
<b><i>Minimize Waste</i></b>	<b>0.841</b>	<b>0.887</b>	<b>Reliabel</b>

### 5.2.3 Pengujian Linieritas

Pengujian linieritas digunakan untuk mengetahui apakah dua variabel x dan y mempunyai arah hubungan yang linier, pengujian ini berkaitan dengan korelasi antar variabel, dengan *test for linierity* pada taraf signifikansi 0,05. Dua variabel dikatakan mempunyai hubungan yang linier (linieritynya kurang dari 0,05). Berikut hasil pengujian variabel *over processing* (X6).

Tabel 5.3 Tabel ANOVA waste over processing (pengujian linieritas)

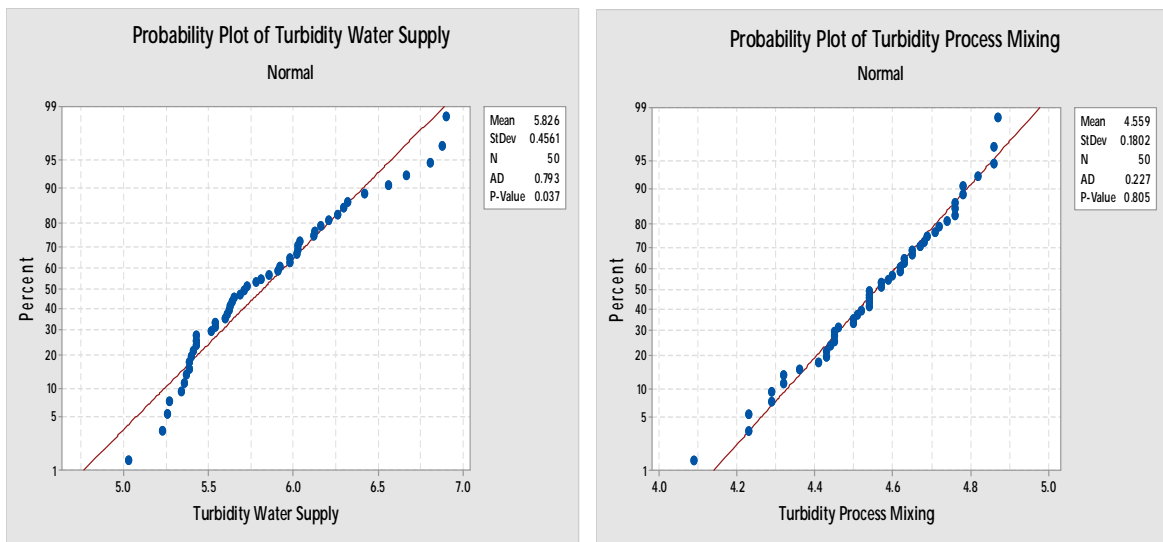
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Y1 * X6	Between Groups	(Combined)	58.655	6	9.776	1.692	.141
		Linearity	45.215	1	45.215	7.826	.007
		Deviation from Linearity	13.440	5	2.688	.465	.800
Within Groups			306.195	53	5.777		
Total			364.850	59			

Dari tabel 5.3 di atas hasil pengujian asumsi linearitas dengan tabel ANOVA menunjukkan bahwa hubungan antar variabel Y1 dan X6 telah **memenuhi asumsi linier** karena F-Linearity kurang dari  $p < 0,05$ . Derajat kepercayaan yang digunakan adalah 0,05, apabila nilai F hasil perhitungan lebih besar dari nilai F tabel maka

hipotesis alternatif menyatakan semua variabel independen secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen.

#### 5.2.4 Pengujian Normalitas dan Contour Level Kekерuhan

Digunakan untuk menguji data apakah data berdistribusi normal untuk parameter kekeruhan dan informasi sebaran data, sedangkan *countor* menjelaskan posisi sebaran data dalam pengambilan sampel yang ditentukan, misalnya parameter kekeruhan air baku dan kekeruhan proses *mixing*, pada gambar 5.1a di bawah memperlihatkan variasi data kekeruhan berfluktuasi pada tingkat kekeruhan 6,5 sampai 7 NTU. Pada gambar 5.1b. Variasi data terlihat stabil rentang 4 sampai 4,9 NTU yang menandakan proses pencampuran berjalan dengan baik karena nilainya kekeruhannya di bawah standar kesehatan 5 NTU.

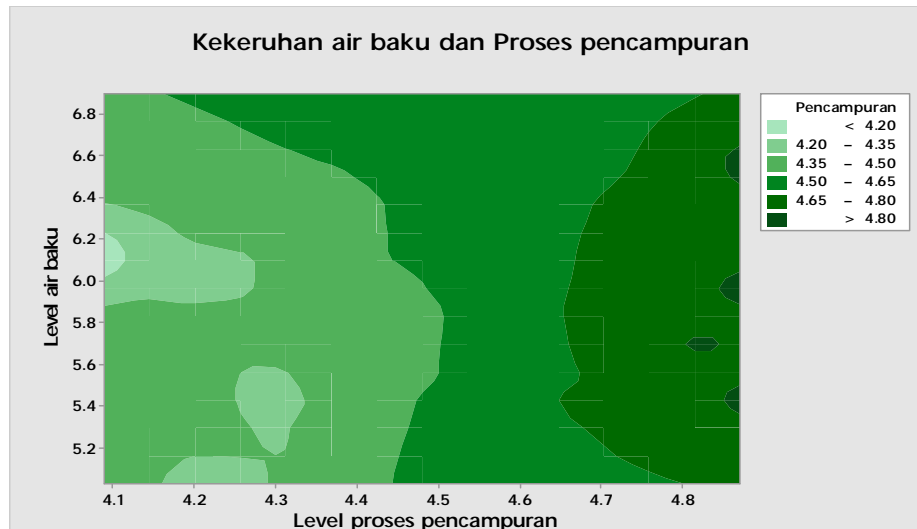


(a) Air baku

(b) Proses mixing

Gambar 5.1 Normalitas kekeruhan air baku dan kekeruhan air proses pencampuran

Level kekeruhan *water supply* dengan rerata 5,8 NTU dan penurunan kekeruhan proses *mixing* dengan rerata 4,5 NTU dengan bertambahnya level medium konsentrasi koagulan, namun fluktuasi tersebut mendekati distribusi normal seperti diperlihatkan pada gambar 5.1 di atas. Variasi kekeruhan *water supply* dipengaruhi oleh kondisi *downstream* sungai, cuaca dan lingkungan hutan, sedangkan penurunan kekeruhan pada proses *mixing* akibat desain parameter koagulan, semakin tinggi ppm koagulan maka kekeruhan akan berkurang sampai mencapai *concentration level* yang optimum pada level medium dengan kondisi kekeruhan *water supply* 5-7 NTU.



Gambar 5.2 *Plot Contour* kekeruhan air baku dan air proses pencampuran

Warna hijau tua yang kecil menandakan nilai kekeruhan  $> 4,80$ , untuk warna yang lain dapat dilihat pada gambar 5.2 di atas. Nilai kekeruhan *water supply* dan proses *mixing* dapat dilihat juga *contour plot* yang mempresentasikan sebaran nilai kekeruhan dengan sistem *range* yang lebih rinci posisi nilai kekeruhan tersebut pada setiap perubahan konsentrasi PAC.

### 5.3 Desain Parameter Metode Taguchi

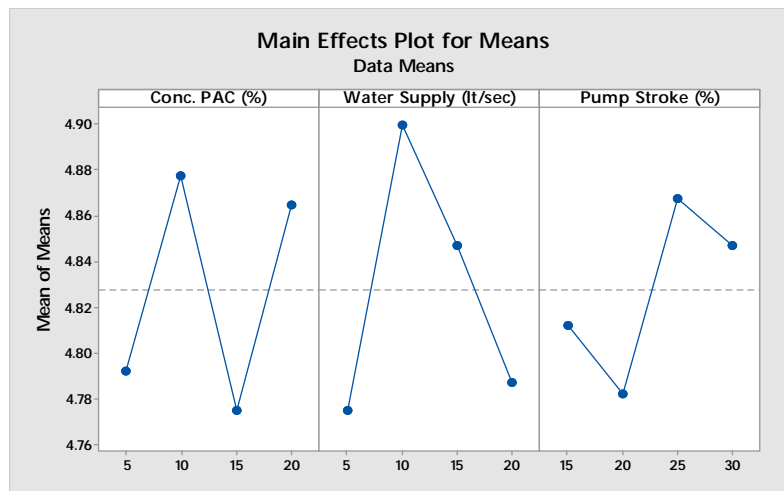
Sedangkan perencanaan eksperimen metode Taguchi dilakukan sebagai bagian dari informasi dan rekomendasi yang didapat dari nilai *over processing* dari model struktural pada proses pengolahan untuk mengoptimalkan desain parameter proses pencampuran. Untuk perbaikan kualitas air bersih, karakteristik kinerja dan nilai parameter produk diidentifikasi dengan menggunakan parameter optimum dari proses. Desain parameter secara berurutan pada proses pencampuran air bersih dapat dilihat pada tabel 5.4 di bawah.

Tabel 5.4 Process mixing L9 orthogonal matrix

PAC (% ppm)	water supply (lt/s)	stroke pump (%)
5	5	15
5	5	15
5	5	15
10	10	20
10	10	20
10	10	20
15	15	25
15	15	25
15	15	25

### 5.3.1 S/N rasio dan efek utama pada proses pencampuran

Perubahan *level* konsentrasi koagulan PAC dimulai dari *low level*, *medium level* dan *high level* bersamaan dengan *setting water supply* dan *stroke pump*. Penurunan tingkat kekeruhan terlihat lebih baik dengan naiknya *level* konsentrasi koagulan yang memiliki partikel ion-ion positif, ion-ion yang bersifat positif dan negatif tersebut menggambarkan efek dan respon variabel konsentrasi, *water supply* and *stroke pump* seperti gambar 5.3 di bawah. Efek plot S/N ratio tersebut pada proses optimal *desain parameter* proses *mixing* pada variasi *level* konsentrasi.



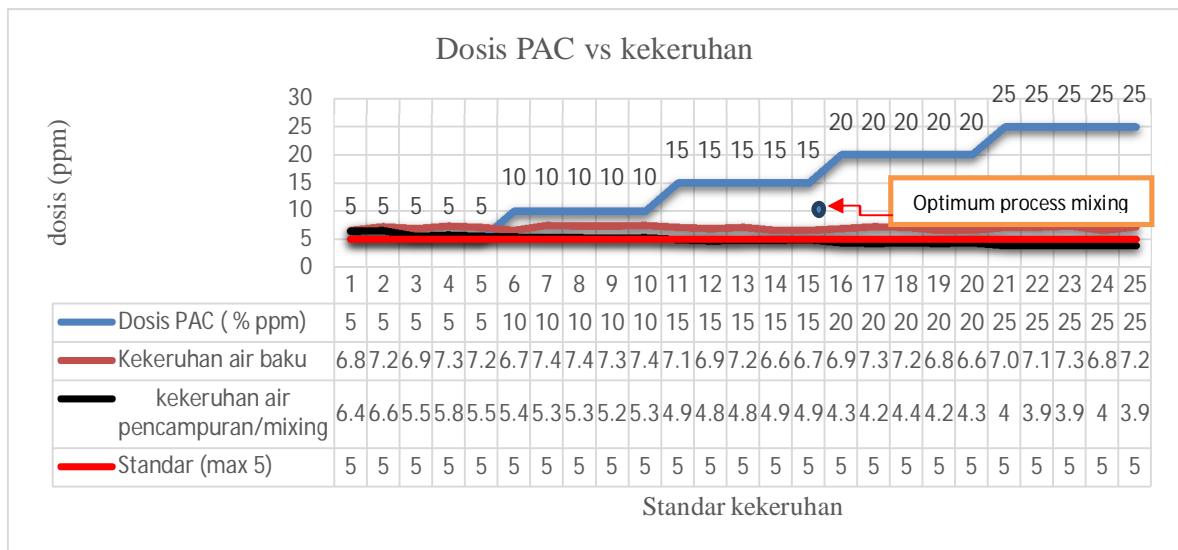
Gambar 5.3 Efek dan respon proses pencampuran

### 5.3.2 Optimum proses mixing

Variasi kekeruhan *water supply* dipengaruhi oleh kondisi *downstream* sungai, cuaca dan lingkungan hutan, sedangkan penurunan kekeruhan pada proses *mixing* akibat *desain parameter* koagulan, semakin tinggi ppm koagulan maka kekeruhan akan berkurang sampai mencapai *concentration level* yang optimum pada level medium pada kondisi *water supply* 5-7 NTU. Dengan melihat fluktuasi kekeruhan *water supply* dan proses *mixing* dapat di prediksi model proses *mixing* pada level medium 14 dan 15 ppm koagulan. Secara rata-rata model prediksi proses *mixing* diambil yang maksimum pada *medium level* yaitu 15 untuk kondisi 5-7 NTU tersebut.

**Optimum proses mixing = 15% ppm PAC + 15 lt/sec + 15 % pump stroke**

Model optimasi tersebut bisa menurun dan meningkat secara fluktuatif setiap perubahan range kekeruhan 2 point, sebagai contoh 5-7 NTU, 7-9 NTU dan seterusnya. Untuk lebih detailnya setiap perubahan konsentrasi ppm, *water supply* dan *stroke pump*. Posisi medium level terlihat nilai kekeruhan proses *mixing* 4,8 NTU dan 4,9 NTU, nilai tersebut mendekati standar kesehatan yaitu 5 NTU. Namun jika konsentrasi ppm pada *high level* dan selanjutnya maka nilai kekeruhannya semakin menurun. Semakin tinggi % ppm PAC mengakibatkan kekeruhan turun dan warna air menjadi putih, akibat lain kelebihan PAC tidak berbahaya secara langsung ke tubuh manusia tetapi pada dosis berlebihan terus menerus dalam waktu yang lama mengakibatkan efek samping dalam tubuh manusia berupa racun.

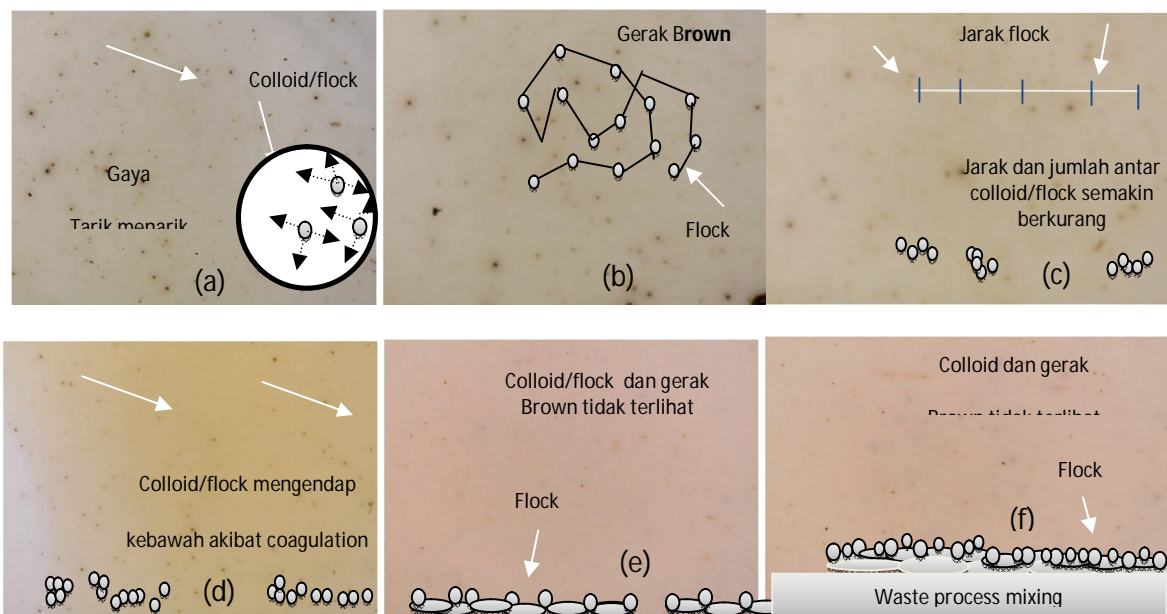


Gambar 5.4 Variasi konsentrasi PAC setiap *level*

Setiap perubahan *level* konsentrasi PAC mengakibatkan perubahan nilai kekeruhan air dan perilaku *colloid* dan pembentukan *flock* pada proses *mixing*, sifat koagulan yang bermuatan ion positif akan menarik *colloid* yang bermuatan negatif yang sering disebut efek gaya tarik menarik van der Waals. Penambahan konsentrasi koagulan yang sesuai akan mengurangi gaya tolak menolak zeta potensial dalam *colloid*, sehingga ion positif lebih banyak dari ion negatif yang mengakibatkan proses pembentukan *flock* lebih cepat. Dengan proses sedimentasi dan penyaringan *flock* secara gravitasi akan mengendap ke permukaan bawah untuk selanjutnya di buang karena berbentuk endapan yang sering di sebut *waste* dalam industri air bersih.

## 5. 4 Perilaku partikel koloid dan flok pada proses pencampuran

Dalam proses *mixing* setiap variasi *water supply*, ppm PAC dan % *stroke pump* akan berpengaruh pada tingkat kekeruhan karena penambahan koagulan yang akan menarik ion negatif menjadi *flock*, dengan meningkatnya koagulan dan *stroke pump* berupa kecepatan pompa dalam rpm akan mempercepat proses pembentukan *flock*, gambar 5.5a mempresentasikan butiran *flock* masih besar sehingga efek gaya van der Waals masih bisa terlihat, gaya tarik menarik yang besar oleh koagulan akan lebih cepat pembentukan *flock*.



Gambar 5. 5. SEM gambar flok (arah panah) kekeruhan < 5 NTU proses *mixing*

(a) 5% ppm, (b) 10% ppm, (c) 15% ppm, (d) 20% ppm, (e,f) 25% ppm

Untuk mengamati gerak Brown berupa garis zig zag dan patah patah yang terus menerus yang menggambarkan kinetik molekul *flock* pada gambar 5.5b memerlukan pembesaran 1200 kamera SEM digital. Pada gambar 5.5c jarak antar *flock* semakin besar karena bertambah rpm, kemudian partikel tersebut bergerak melayang perlahan kebawah dengan prinsip gravitasi secara berkelompok.

Kemudian pada gambar 5.5d *flock* mulai kelihatan menumpuk kebawah mendekati dasar plat bersamaan dengan *coagulation and flocculation*. Gambar 5.5e *colloid dan flock* tidak

kelihatan karena rpm pompa proses *mixing* 20% dan 25% rpm pada *high level*, terlihat *flock* berukuran kecil mendekati celah *flock* yang besar yang berisi rongga cairan yang *viscosity* lebih kecil sehingga mengikuti pola *flock* yang besar dengan cara menempel dan bersatu menjadi *flock* yang besar secara terus menerus, sedangkan pada gambar 5.5f kumpulan *flock* kelihatan sampai dasar plat dengan butiran lebih besar dan menumpuk memenuhi hampir seluruh permukaan dasar plat.

#### **Luaran yang dicapai (Lampiran 1 dan 2)**

- 1. Laporan Akhir Penelitian**
- 2. Journal International JSJU Q1 Scopus Vol 55, No 5 (2020)**
- 3. Prosiding online Semhas Lahan Basah LPPM ULM 23-24 November 2020**



## **BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN**

### **7.1. Kesimpulan**

Secara umum faktor kekeruhan (*turbidity*) menjadi dominan sebagai parameter yang di perhatikan, sedangkan sifat asam terlihat dari nilai pH tidak terlalu berpengaruh terhadap proses pengolahan air bersih. Sumber air baku dari sungai akan mempengaruhi proses penambahan koagulan dalam proses pencampuran antara jumlah air baku, ppm PAC dan % stroke pompa. Dari hasil proses pencampuran itu dapat dihasilkan proses pencampuran yang optimum = 15 % ppm conc. PAC + 15 lt/det + 15% pump stroke. Sedangkan karakteristik flok digambarkan dari struktur mikro flok flok yang melayang dari hasil pencampuran tersebut.

### **7.2 Saran**

Sselalu memperhatikan kualitas sumber air baku (air asam dan keruh) dan yang desain parameter akan berpengaruh terhadap proses pencampuran (*mixing*) yang akan berpengaruh terhadap kualitas produk air bersih. Lean manufaktur sangat diperlukan untuk mengetahui *waste* yang signifikan dalam proses pengolahan air tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Gaspersz, V. 2007. *Lean six sigma for manufacturing and service industries*. Jakarta Indonesia: PT Gramedia Pustaka Utama.
2. I Nyoman Pujawan. 2004. *Ekonomi Teknik*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Guna Widya
3. Karlsson, Mårten., 2001. *Green Concurrent Engineering, A Model for DFE Management Programs*. Doctoral Dissertation, The International for Industrial Environmental Economics Internationella Miljöinstitutet, LUND University, Swedia.
4. Roussy et al. 2005. Treatment of ink-containing waste water by coagulation/flocculation using biopolymers. *Journal of Water SA* 3: 375378
5. Wanatabe M dan Ushiyama T. 2002. Characteristic and effective application of polymer coagulant [makalah pribadi]. Tokyo: Kurita Water Industries Ltd.
6. Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1–9.
7. Cheng, C. T., Zhao, M. Y., Chau, K. W., & Wu, X. Y. (2006). Using genetic algorithm and TOPSIS for Xinanjiang model calibration with a single procedure. *Journal of Hydrology*, 316, 129–140.
8. Gomez-Lopez, M. D., Bayo, J., Garcia-Cascales, M. S., & Angosto, J. M. (2009). Decision support in disinfection technologies for treated wastewater reuse. *Journal of Cleaner Production*, 17, 1504–1511.
9. Dai, J., Qi, J., Chi, J., Chen, S., Yang, J., Ju, L., et al. (2010). Integrated water resource security evaluation of Beijing based on GRA and TOPSIS. *Frontiers of Earth Science in China*, 4(3), 357–362.
10. Doukas, H., Karakosta, C., & Psarras, J. (2010). Computing with words to assess the sustainability of renewable energy options. *Expert Systems with Applications*, 37, 5491–5497
11. Md. Pauzi Abdullah, Lim Fang Yee, Sadia Ata, Abass Abdullah, Basar Ishak, Khairul Nidzam Zainal Abidin, 2009. *The study of interrelationship between raw water quality parameters, chlorine demand and the formation of disinfectant by products*. *Physics and Chemistry of the Earth*, p 806-811.
12. Gauri, S. K., Chakravorty, R., & Chakravorty, S. (2011). Optimization of correlated multiple responses of ultrasonic machining (USM) process. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 53, 1115–1127.
13. Braglia, M., Frosolini, M., & Montanari, R. (2003). Fuzzy TOPSIS approach for failure mode, effects and criticality analysis. *Quality and Reliability Engineering International*, 19, 425–443.
14. Womack, J., Jones, D., and Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World : The Story of Lean Production*. New York, NY: Rawson Associates.
15. Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
16. Suripin. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
17. Ketentuan Umum Permenkes Nomor 416/Menkes/PER/IX/1990 tentang Persyaratan Air minum Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum

18. Womack, J. and Jones, D. (1996). *Lean Thinking*. Free Press.
19. Hines, P, and Taylor, D. 2000. "*Going Lean*". Proceeding of Lean Enterprise Research Centre UK : Cardiff Business School.

LAMPIRAN (bukti luaran yang didapatkan)

# Lampiran 1. Publikasi Journal International JSJU

**西南交通大学学报**  
Journal of Southwest Jiaotong University  
ISSN 02582724

HOME ABOUT SEARCH CURRENT ARCHIVES SITEMAP CONTACT PAPER SUBMISSION

Home » Archives » Vol 55, No 5 (2020)

## Vol 55, No 5 (2020)

### Table of Contents

#### Engineering

EFL Learners' Perceptions about the Use of Mobile Learning during COVID-19 <i>Mohammed Mahib ur Rahman</i>	PDF
Integration of Parties in the Supply Chain System for the Construction Project Successful Execution <i>Josefine Ernestine Latupeirissa, Irwan Lie Keng Wong, Herby Calvin Paskal Tiyow</i>	PDF
Lifting Wavelet Transform in Compressive Sensing for MRI Reconstruction <i>Indrarini Dyah Irawati, Sugondo Hadiyoso, Gelar Budiman, Asep Mulyana</i>	PDF
Model For Mixing Process Improvement at Water Treatment Plant by Integrating Lean Manufacturing and Parameter Design <i>Mastiadi Tamjidillah, Herry Irawansyah</i>	PDF
Study on the Behavior of Geosynthetic-Reinforced Pile-Supported Embankments in Soft Ground Improvement Solutions <i>Nguyen Tuan Phuong, Nguyen Anh Tuan</i>	PDF
Relocation Alternative of the Upstream Glonggong River due to Changes in Land Use <i>M. Ruslin Anwar, Sukir Maryanto, Hari Sumanto, Syamsul Arifin, Lily Montarcih Limantara</i>	PDF

**MENU**

- Editorial Team
- Aim & Scope
- Author Guidelines

**Browse**

- [By Issue](#)
- [By Author](#)
- [By Title](#)

**TEMPLATE**

- [Journal Template](#) (48 Kb)

**INFORMATION**

- [For Readers](#)
- [For Authors](#)
- [For Librarians](#)

## **ANALISIS *TURBIDITY* BERDASARKAN *LEAN* MANUFAKTUR PADA PROSES PENCAMPURAN INSTALASI POMPA AIR BERSIH**

**Mastiadi Tamjidillah <sup>1\*</sup>, Herry Irawansyah <sup>1</sup>, Ahmad Najmi Khairi <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>. Program Studi Teknik Mesin FT ULM Banjarbaru, Indonesia

\*Corresponding author: [mastiadit@ulm.ac.id](mailto:mastiadit@ulm.ac.id)

### **Abstrak**

Air merupakan kebutuhan utama kehidupan manusia sehingga perlu pengelolaan dan pemanfaatan sumber air yang maksimal. Keberadaan air bersih (*fresh water*) dimanapun baik perkotaan dan pedesaan sangat penting karena banyaknya aktifitas kehidupan masyarakat yang dinamis, untuk memenuhi kebutuhan air bersih tersebut penduduk memerlukan ketersediaan air baku yang cukup yang memenuhi standar kesehatan. Banyak produk air baku yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan oleh perusahaan air bersih terutama tingkat kekeruhan yang tinggi. Dengan menggunakan *lean* manufaktur untuk menghilangkan tujuh non-nilai tambah *waste* tradisional (berlebih, pengolahan, persediaan, transportasi, cacat, menunggu, dan gerak) dalam proses pengolahan air bersih yang sumber air bakunya dari sungai yang asam dan tingkat kekeruhan yang tinggi. Berdasarkan output *lean* manufaktur pada proses pencampuran didapatkan informasi perbaikan pada proses berlebih (*over processing*). Informasi yang didapat dari setiap *waste* dan kondisi air baku menjadi masukan dalam proses pencampuran untuk menurunkan tingkat kekeruhan. Dari analisis kekeruhan dengan *lean* manufaktur pada proses pencampuran air baku, konsentrasi ppm koagulan dan langkah pompa pada instalasi pompa air bersih didapatkan tingkat kekeruhan < 5 NTU yang memenuhi standar kesehatan.

**Kata Kunci:** air bersih, kekeruhan, *lean*, pengolahan, pencampuran

## LAMPIRAN 1

## LAMPIRAN 2