

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN PROGRAM DOSEN WAJIB MENELITI



**PENGOLAHAN ZONA KUALITAS AIR BERSIH DAN AIR MINUM
TERINTEGRASI DENGAN MODEL OPTIMUM PROSES *MIXING* DESAIN
PARAMETER PADA INSTALASI POMPA**

Tahun ke-1 dari rencana 1 tahun

PENELITI

Dr. MASTIADI TAMJIDILLAH, S.T., M.T. NIDN : 0012037008
MUHAMMAD NIZAR RAMADHAN, S.T., M. T. NIDN : 0022039203

Dibiayai oleh:
DIPA Universitas Lambung Mangkurat Tahun Anggaran 2022
Nomor: 023.17.2.6777518/2021 tanggal 17 Nopember 2021
Universitas Lambung Mangkurat
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi
Sesuai dengan SK Rektor Universitas Lambung mangkurat Nomor:458/UN8/PG/2022
Tanggal 28 Maret 2022

UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
NOVEMBER 2022

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN PROGRAM DOSEN WAJIB MENELITI

Judul Penelitian : Pengolahan Zona Kualitas Air Bersih dan Air Minum Terintegrasi dengan Model Optimum Proses Mixing Desain Parameter pada Instalasi Pompa

Klaster Penelitian : Penelitian Utama

Ketua 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. Alamat surel (*e-mail*) : mastiadit@ulm.ac.id

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M.T.
b. NIDN/NIDK : 0022039203
c. Perguruan Tinggi : Universitas Lambung Mangkurat

Anggota Peneliti (2)

a. Nama Lengkap :
b. NIDN/NIDK :
c. Perguruan Tinggi :

Anggota Peneliti (3)

a. Nama Lengkap :
b. NIDN/NIDK :
c. Perguruan Tinggi :

Mahasiswa yang Terlibat

a. Nama Lengkap/NIM (1) : Atma Cahyo Anggono / 1810816210013
b. Nama Lengkap/NIM (2) : Rahmadin Bonazir / 1810816310005
c. Nama Lengkap/NIM (3) : /
d. Nama Lengkap/NIM (4) : /

Tahun Pelaksanaan : 2022

Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp. 75.000.000



Dr. Dani Noor Muchamad, ST., MT.
NIP 197204301997031003

Banjarbaru, 15 November 2022
Ketua Peneliti

Dr. Mastiadi Tamjidillah, S.T., M.T.
NIP 197003121995121002

Menyetujui,
Ketua LPPM ULM

Prof. Dr. Ir. Danang Biyatmoko, MSi.
NIP 196805071993031020



RINGKASAN

Karakteristik kualitas sumber air baku untuk sistem penyediaan air minum (SPAM) yang terintegrasi regional BANJARBAKULA dari IPA Pinus, Sungai Martapura, Sungai Tabuk, Sungai Rangas, Bati-bati, Rantau Badauh dan Aliran Irigasi Riam Kanan, mempengaruhi proses pengolahan air bersih dan air minum yang sesuai dengan persyaratan air minum Kemenkes, pengolahan air yang sesuai merupakan tujuan jangka panjang. Desain parameter akan menemukan model optimum proses pencampuran air baku dan *poly aluminium chloride* (PAC) dan *stroke* pompa untuk *input* sumber air dari sungai untuk mendapatkan komposisi *setting* yang sesuai dari setiap campuran tersebut. Target khusus dalam penelitian ini adalah kualitas zona air bersih dan air minum setiap sumber air baku yang memiliki tingkat kekeruhan yang tinggi. Desain parameter memberikan tahapan optimasi yang sangat praktis. Dasar pembentukan desain parameter ini tetap mengacu pada desain eksperimen fraksional faktorial. Namun, tidak adanya asumsi statistik yang mengikuti tahapan analisisnya membuat metode ini banyak dipilih oleh para peneliti dan praktisi. Dengan desain eksperimen proses pencampuran air baku (keruh) seperti 10 L/det, 15 L/det, 20 L/det, 25 L/det dan 30 L/det serta % konsentrasi PAC 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm dan 30 ppm dengan *stroke* pompa instalasi 10 %, 15 %, 20%, 25% dan 30 %. Dalam proses penambahan PAC selalu memperhatikan dan mengamati perilaku gaya tarik menarik partikel yang melayang (*flock*). Partikel tersebut kemudian diuji SEM (*scanning electron microscope*) untuk mengetahui dimensi butir *flock* hasil pengendapan. Dengan pengolahan zona kualitas air bersih dan air minum menghasilkan kualitas air bersih sesuai dengan standar. Penelitian ini dirancang selama 1 tahun dengan luaran utama *accepted/published* jurnal internasional bereputasi (Q2) terindeks Scopus dan buku referensi (ISBN). Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT) pada tingkat kondisi kematangan hasil penelitian pada level 3 untuk mendapatkan formulasi model dan memetakan pengembangan teknologi untuk mencapai pada level yang lebih tinggi. Topik yang diangkat pada penelitian ini sejalan dengan Rencana Induk Penelitian (RIP) Universitas Lambung Mangkurat periode 2020-2024 pada bidang unggulan Lingkungan Lahan Basah dan fokus bidang Kemandirian dan Ketahanan Pangan dan Kesehatan, dengan kajian yang menitikberatkan peningkatan mutu kesehatan masyarakat. Material yang dihasilkan nantinya dapat diarahkan pada bidang praktis penerapan hasil penelitian yang aplikatif yang berperan dalam pengolahan air bersih.

Keywords: zona, parameter, kualitas, keruh, pencampuran, air bersih, air minum

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 dan air minum (SPAM) yang terintegrasi dalam rangka mendapatkan desain parameter yang optimum antara PAC, air baku dan stroke pompa dosing pada *proses mixing* sebagai hasil dari sebuah kajian berdasarkan zona integrasi air bersih dan air minum.

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, 15 November 2022

Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
RINGKASAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Urgensi Penelitian	5
1.5 Luaran Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian terdahulu	6
2.2 Sumber daya air	7
2.2 Standar kualitas air minum.....	8
2.3 Jenis koagulan pada proses mixing	10
2.4 Peta kendali	11
2.5 Kerangka konsep penelitian	12
BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	13
3.1 Tujuan Penelitian	13
3.2 Urgensi Penelitian	13
3.2 Luaran Penelitian	14
3.2 Manfaat Penelitian	15
BAB 4 METODE PENELITIAN	16
4.1 Bahan dan peralatan.....	16
4.2 Rancangan Penelitian.....	17

4.3	Pengujian kualitas air minum.....	17
4.4	Analisis data.....	18
BAB 5	HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI.....	20
5.1	Pengumpulan Data.....	20
5.2	Pengolahan Data.....	22
5.3	Desain parameter Metode Taguchi	25
5.4	Perilaku Koloid	22
5.5	Analisis SEM	27
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN	30
6.1	Kesimpulan.....	30
6.2	Saran.....	30

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

(bukti luaran yang didapatkan)

- Instrumen/peralatan
- Personalia tenaga pelaksana dan kualifikasinya
- Artikel ilmiah (draft, status submission atau reprint), dll.
- HKI, publikasi, dan produk penelitian lainnya

DAFTAR TABEL

		hal
Tabel 1.1	Kebutuhan air bersih untuk pelanggan	1
Tabel 1.2	Target luaran penelitian	6
Tabel 2.1	Parameter kualitas air	10
Tabel 3.1	Luaran penelitian	14
Tabel 4.1	Varibel setting parameter	18
Tabel 5.1	Proses mixing L9 orthogonal array air bersih dan air minum	23

DAFTAR GAMBAR

		hal
Gambar 2.1	Proses pengolahan air bersih	9
Gambar 2.2	Kerangka konsep penelitian integrasi	12
Gambar 4.1	Diagram alir penelitian	19
Gambar 5.1	Normalitas kekeruhan air baku dan air proses pencampuran	21
Gambar 5.2	Plot contour kekeruhan air baku dan air proses pencampuran	22
Gambar 5.3	Efek dan respon proses pencampuran	23
Gambar 5.4	Variasi konsentrasi PAC setiap level	25
Gambar 5.5	SEM gambar Flok zona air bersih	26
Gambar 5.6	SEM gambar Flok zona air minum	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Instalasi pompa penelitian terintegrasi air bersih dan air minum
Lampiran 2	Penambaham koagulan

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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 populasi penduduk di lima daerah tersebut yang berjumlah sekitar 2 juta jiwa, maka harus dipastikan ketersediaan air baku yang berkualitas dengan volume 1500 L/det dalam memenuhi kebutuhan regional.

Proses perbaikan instalasi pengolahan air bersih pada SPAM di regional Banjarbakula terus dilakukan untuk wilayahnya, dari instalasi tersebut hanya PDAM Bandarmasih yang berpenduduk hampir 200 ribu jiwa yang telah 99% terlayani masyarakatnya. Sedangkan Kota Banjarbaru dan Kabupaten Banjar sampai akhir tahun 2020 dengan jumlah pelanggan mencapai 625.000 orang dengan cakupan pelayanan sekitar 65 %. Demikian pula Kabupaten Barito Kuala dan Kabupaten Tanah Laut masih di bawah target nasional, yaitu 68% dan target MDGs (*Millennium Development Goals*) PBB 80% dengan rata-rata kebocoran mulai dari instalasi sampai ke pelanggan 29% atau disebut NRW (*non revenue water*).

Tabel 1.1 Kebutuhan air bersih untuk pelanggan

No.	Kabupaten/Kota	Jumlah Penduduk (jiwa)	Jumlah Pelanggan (jiwa)	Volume air bersih / air minum yang disalurkan (m ³)
1	Tanah Laut	348.623	76.664	1.362.853
2	Kotabaru	347.399	19.697	5.047.885
3	Banjar & Banjarbaru	596.001 270.021	95.975	16.931.609
4	Barito Kuala	317.181	32.274	6.448.669
5	Tapin	193.635	18.930	4.195.876
6	Hulu Sungai Selatan	240.279	17.997	4.101.160

7	Hulu Sungai Tengah	275.213	18.002	5.061.204
8	Hulu Sungai Utara	240.494	28.751	9.364.769
9	Tabalong	257.794	24.265	8.525.163
10	Tanah Bumbu	368.362	28.920	10.618.070
11	Balangan	133.274	21.209	4.017.996
12	Banjarmasin	715.703	177.144	56.682.611

Berdasarkan data yang diperoleh dari situs resmi Diskominfo Provinsi Kalimantan Selatan, pada tahun 2020 capaian air minum Kalsel berada di 77,36 % air minum layak. Ini mengindikasikan bahwa dalam kenyataannya masih terdapat GAP dengan target dari Bappenas untuk Kalsel di Tahun 2024 yaitu 100 % akses air minum layak dan 15 % di antaranya harus akses aman.

Pemanfaatan air baku (asam dan keruh) dalam pengelolaan SPAM dan penyediaan air minum (*public water supply*) pada dasarnya memerlukan air yang langsung dapat diminum (*portable 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 yang optimum diperlukan pengolahan zona air bersih dan air minum, tahapan desain parameter sebuah produk air bersih menjadi titik awal penyebab terjadinya cacat selama proses manufaktur berlangsung. Desain eksperimen menjadi metode yang melengkapi untuk mendapatkan *setting* instalasi pompa yang optimum dan menghasilkan desain parameter produk air bersih yang kokoh (*robust*). Taguchi memperkenalkan konsep *robust design* yang cukup fenomenal dan banyak mematahkan asumsi-asumsi di dalam *Design of Experiment* (DoE). Taguchi mengadopsi *loss function* pada data-data hasil eksperimen yang kemudian digunakan untuk proses optimasi. *Orthogonal Array*, *Signal-to-noise ratio*, prosedur analisis yang singkat dan praktis serta tidak adanya asumsi statistik yang ketat, membuat metode ini banyak dipilih oleh para *engineer*. (Hadiyat, 2012)

Berbagai penelitian tentang proses produksi air bersih sering dilakukan untuk mendapatkan proses pencampuran yang optimum menggunakan 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 dipertimbangkan kandungan/komposisi yang berpengaruh pada *setting* parameter proses pencampuran untuk menghasilkan kualitas air minum. Proses pencampuran setiap *setting* akan dilihat gambarnya dengan pembesaran kamera 1000× 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*. (Karlsson Mårten, 2001)

Proses spesifik dalam WTP (*Water Treatment Plant*) adalah proses pencampuran (*mixing*) 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 *jarrest* dilakukan pada proses penurunan turbidity (Roussy, 2005) 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 (Cheng, C. T., dkk., 2006). Namun demikian diperlukan usulan metode perbaikan untuk mendesain kualitas sir bersih dari awal dengan setting parameter yang mengadopsi metode Taguchi pendekatan green pada proses pencampuran untuk berbagai tingkat *turbidity*.

Dengan mengintegrasikan desain parameter dan *response surface* 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 Lingkungan Lahan Basah yang dikembangkan Universitas Lambung Mangkurat (ULM) yang tertuang dalam Rencana Induk Pengembangan (RIP) 2010-2027 dan Rencana Induk Penelitian Universitas Lambung Mangkurat (RIP ULM) periode 2020 – 2024, merupakan salah satu tahapan (periode 4 tahunan). 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 yang telah diuraikan di atas, untuk mendapatkan hubungan antara karakteristik kualitas sumber air baku dengan pengolahan zona kualitas air bersih dan air minum pada proses pencampuran dengan melihat perilaku partikel yang melayang (*flock*). Output yang didapat dari karakteristik kualitas akan menjadi masukan dalam proses desain parameter

1.3. Tujuan Khusus

Tujuan jangka panjang penelitian ini adalah menghasilkan zona kualitas air bersih dan air minum setiap sumber air baku yang tingkat kekeruhannya tinggi di regional untuk menjadi sumber air bersih dan air minum serta model pencampuran yang optimum dari tawas (PAC), air baku dan *stroke* pompa yang dapat digunakan suatu acuan untuk SPAM di regional. Sedangkan **tujuan khusus** penelitian ini antara lain

1. Pengolahan zona kualitas air bersih dan air minum setiap sumber air baku tiap daerah dalam regional tersebut beserta solusi dalam proses pencampuran masing-masing daerah untuk didapatkan model yang sesuai jika di integrasikan dengan sistem SPAM, sehingga akan diketahui model *setting* parameter yang optimum antara air tawas, air baku dan *stroke* pompa untuk setiap sumber air baku yang terintegrasi regional sebagai hasil dari sebuah kajian komprehensif.
2. Menghasilkan kualitas air bersih dan air minum yang sesuai dengan standar Kementerian Kesehatan berdasarkan *setting* parameter yang optimum, dengan mengetahui struktur mikro proses pencampuran, air baku dan *stroke* pompa dan perilaku flok-flok yang melayang dalam proses pengendapan sedimen.

1.4. Urgensi (Keutamaan) Penelitian

Beberapa urgensi (keutamaan) yang diangkat pada penelitian ini antara lain:

- a. Air baku dari sungai yang ketersediaannya mencukupi, namun tingkat asam dan kekeruhannya masih tinggi sehingga memerlukan proses pengolahan pada proses pencampuran. Untuk meminimalisir kekeruhan tersebut, diperlukan desain parameter yang akan mengetahui kombinasi setting yang optimum dari beberapa faktor yang 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 diperlukan desain parameter yang optimum untuk proses pencampuran air baku yang spesifik tingkat asam dan kekeruhannya. Air baku yang berasal dari sungai memerlukan setting 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 desain eksperimen dan integrasinya dalam proses pencampuran dengan mengetahui perilaku *flock*-nya, karakteristik dan kualitas zona air bersih dan air minum, proses dan *setting* parameter yang sesuai dengan kondisi *input* bahan baku. Inovasi jangka panjang yang ditargetkan adalah dihasilkannya integrasi *setting* parameter dan *response surface* yang sesuai dengan kondisi *input* bahan baku untuk meminimasi *waste* dan optimasi proses pencampuran.

Proses *manufacturing* air bersih 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 dalam proses pencampuran akan dapat diketahui *setting* apa yang sesuai dengan kondisi tersebut. Integrasi ini dalam pengolahan air minum berhubungan dengan kualitas produk dan prosesnya, prinsipnya dalam integrasi pada proses pencampuran adalah mendapatkan *setting* parameter yang optimum. Pada Tabel 1.1 terlihat target luaran yang akan dilakukan dalam penelitian ini.

Tabel 1.2 Target luaran penelitian

No	Jenis luaran			
	Kategori	Sub kategori	Wajib	Tambahan
1	Artikel ilmiah dimuat di jurnal “ Eastern European Journal of Enterprise Technologies ”	Internasional bereputasi terindeks scopus scimagojr	√	
2	Artikel ilmiah dimuat di prosiding	Nasional		√
3	Buku Referensi (ISBN)		√	
4	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)		Level 3	

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 harus memperhatikan siklus hidrologi agar sumber daya air tetap terjaga ketersediannya (Gomez-Lopez, dkk., 2009) dan (Dai, J., dkk., 2010). Ada beberapa 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 pengambilan keputusan untuk mengurangi *waste* tersebut antara lain memperhatikan proses pengolahan/*treatment*. (Doukas, H., dkk, 2010).

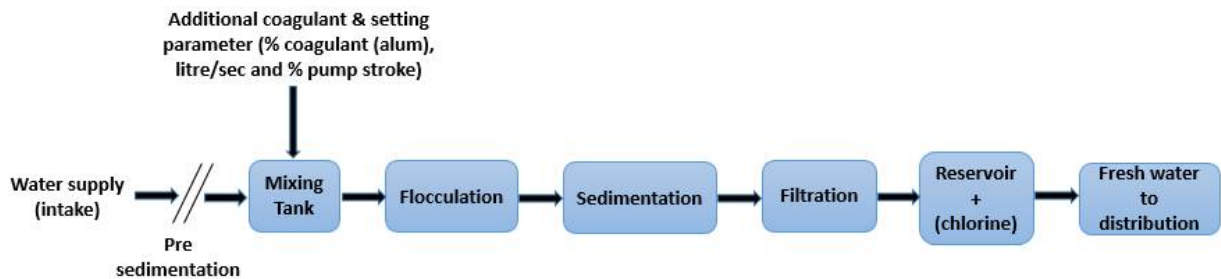
Karakteristik kualitas telah banyak diteliti, baik industri manufaktur, industri air dan industri kimia, seperti (Md. Pauzi Abdullah, dkk, 2009) berpendapat sumber air dari hulu nya harus diperhatikan agar ketersediaan dan kualitas air menjadi lebih baik. Namun demikian sumber daya ini harus berkelanjutan 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, Gauri, S. K., dkk, (2011).

Penelitian tentang hubungan parameter kualitas air baku, kebutuhan *chlorine* dan kandungan disinfektan dari air minum telah dilakukan (Braglia, M., Frosolini, M., & Montanari, R. 2003). Penggunaan *chlorine* yang sesuai akan meminimasi disinfektan sehingga produksi air minum yang disuplai 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 pengurangan 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 diusulkan (Womack, J., Jones, D., and Roos, D., 1990). Selain *setting* 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 (Effendi, H., 2003). 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.

2.2 Sumber Daya Air

Menurut Undang-undang RI No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air didefinisikan bahwa sumberdaya air adalah air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya. 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 (Suripin, 2002 dan Permenkes 1990). Dari sekitar 1.386 juta km³ air yang ada di bumi, sekitar 1.337 km³ (97,39%) berada di samudera atau lautan dan hanya sekitar 35 juta km³ (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 Womack, J. and Jones, D. (1996). Dalam proses produksi air minum yang dimulai dari input bahan baku sampai distribusi air minum dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 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

2.3 Standar Kualitas Air Minum

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. Air bersih harus memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum, dimana persyaratan yang ditekankan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologis dan radiologis, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping. Selain kualitas air, persyaratan air bersih juga

harus memperhatikan pengamanan terhadap sistem distribusi air bersih dari tempat instalasi sampai pada konsumen.

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

Tabel 2.1 Parameter kualitas air bersih air irigasi

No	Parameter/variabel	Satuan	Metode
Parameter Fisika			
1	Warna	mg/l pt.co	IK.Lab-8(Spektrofotometri)
2	Kekeruhan (<i>turbidity</i>)*	NTU	IK.Lab-9 (Turbidimetri)
3	Zat padat terlarut total (TDS)*	mg/l	IK.Lab-29 (Konduktivitiyometri)
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 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 alumunium bertarap klorinasi yang berlainan sebagai pembentuk *polynuclear* mempunyai rumus umum $Al_m(OH)_nCl_{(3m-n)}$.

Tawas adalah sejenis koagulan dengan rumus kimia $\text{Al}_2\text{SO}_4 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ atau $14\text{H}_2\text{O}$. Umumnya yang digunakan adalah $18\text{H}_2\text{O}$. Semakin banyak ikatan molekul hidrat maka semakin banyak ion lawan yang nantinya akan ditangkap akan tetapi umumnya tidak stabil. Pada $\text{pH} < 7$ terbentuk $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{OH})_2^{4+}$, $\text{Al}_2(\text{OH})_2^{4+}$. Pada $\text{pH} > 7$ terbentuk $\text{Al}(\text{OH})^{-4}$. Flok-flok $\text{Al}(\text{OH})_3$ mengendap berwarna putih.

2.5 Peta Kendali

Peta kendali dalam penelitian ini termasuk peta kendali variabel untuk mengukur karakteristik kualitas produk secara kuantitatif (berdasarkan hasil pengukuran). Ada beberapa peta kendali yang termasuk jenis ini adalah Peta Kendali $\bar{X} - R$, $\bar{X} - S$, $\bar{X} - MA$ dan T^2 . Menurut (Zimmer dkk, 1998), terdapat 5 (lima) alasan kegunaan peta kendali antara lain:

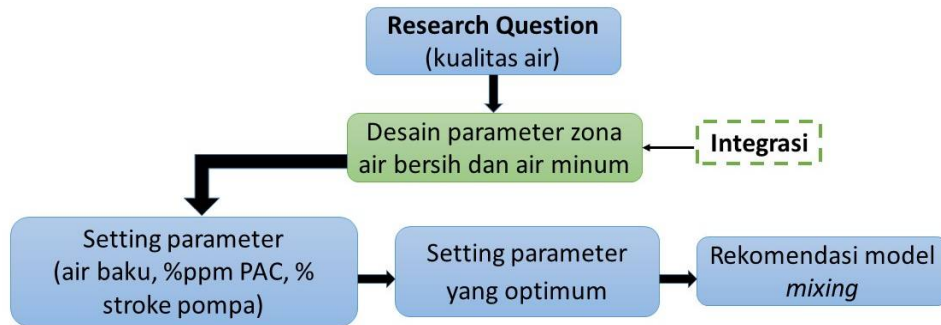
1. Peta kendali adalah teknik yang berguna untuk meningkatkan performansi, produktifitas, jika peta kendali berhasil maka akan mengurangi buangan (*waste*), pengerjaan ulang (*rework*), kerugian berkurang dan kapasitas produksi bertambah.
2. Peta kendali efektif dalam pencegahan produk cacat. Peta kendali mencegah penyesuaian proses yang tidak perlu dan dapat membedakan antara *common cause* dan gangguan yang *common spesial cause*.
3. Peta kendali memberikan informasi diagnostik dan pola plot data bagi operator. Informasi ini memberikan perubahan dalam proses untuk meningkatkan produknya.
4. Peta kendali memberikan informasi terhadap kemampuan proses dan nilai parameter proses yang penting terhadap stabilitas waktu.

Suatu evaluasi terhadap peta kendali \bar{X} Shewhart tentang penyesuaian ukuran sampel pada dua *state* diperkenalkan oleh (Prabu S.S dkk, 1994) dan peta kendali tiga *state* diusulkan oleh (Zimmer dkk, 1998), Output lain dari performansi peta kendali adalah pola plot data dan nilai fungsi kerugian, Taguchi. G, (1987).

2.6 Kerangka Konsep Penelitian

Kualitas air minum menjadi hal yang terpenting untuk di desain dari awal untuk menghasilkan produk dengan minimasi *waste* yang terjadi pada proses produksi. Proses produksi air minum dari *intake* bahan baku sampai *reservoir* penampungan air pada gambar 3.1 akan dianalisis dengan analisis *seven waste* untuk melihat hubungan antar *waste* sekaligus mengetahui *waste* yang mana yang paling berpengaruh terhadap proses produksi, setting

parameter pada bagian mixing diperlukan berdasarkan informasi *waste* yang paling besar pengaruhnya seperti kerangka konsep penelitian pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kerangka konsep penelitian

BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan jangka panjang penelitian ini adalah menghasilkan zona kualitas air bersih dan air minum setiap sumber air baku yang tingkat kekeruhannya tinggi di regional untuk menjadi sumber air bersih dan air minum serta model pencampuran yang optimum dari tawas (PAC), air baku dan *stroke* pompa yang dapat digunakan suatu acuan untuk SPAM di regional. Sedangkan **tujuan khusus** penelitian ini antara lain

1. Pengolahan zona kualitas air bersih dan air minum setiap sumber air baku tiap daerah dalam regional tersebut beserta solusi dalam proses pencampuran masing-masing daerah untuk didapatkan model yang sesuai jika di integrasikan dengan sistem SPAM, sehingga akan diketahui model *setting* parameter yang optimum antara air tawas, air baku dan *stroke* pompa untuk setiap sumber air baku yang terintegrasi regional sebagai hasil dari sebuah kajian komprehensif.
2. Menghasilkan kualitas air bersih dan air minum yang sesuai dengan standar Kementerian Kesehatan berdasarkan *setting* parameter yang optimum, dengan mengetahui struktur mikro proses pencampuran, air baku dan *stroke* pompa dan perilaku flok-flok yang melayang dalam proses pengendapan sedimen.

3.2 Urgensi (Keutamaan) Penelitian

Beberapa urgensi (keutamaan) yang diangkat pada penelitian ini antara lain:

- a. Air baku dari sungai yang ketersediaannya mencukupi, namun tingkat asam dan kekeruhannya masih tinggi sehingga memerlukan proses pengolahan pada proses pencampuran. Untuk meminimalisir kekeruhan tersebut, diperlukan desain parameter yang akan mengetahui kombinasi setting yang optimum dari beberapa faktor yang 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 diperlukan desain parameter yang optimum untuk proses pencampuran air baku yang spesifik tingkat asam dan kekeruhannya. Air baku yang berasal dari sungai memerlukan setting parameter yang

sesuai untuk mendapatkan campuran optimum yang menjadi referensi untuk sumber air baku yang serupa.

3.3 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 desain eksperimen dan integrasinya dalam proses pencampuran dengan mengetahui perilaku *flock*-nya, karakteristik dan kualitas zona air bersih dan air minum, proses dan *setting* parameter yang sesuai dengan kondisi *input* bahan baku. Inovasi jangka panjang yang ditargetkan adalah dihasilkannya integrasi *setting* parameter dan *response surface* yang sesuai dengan kondisi *input* bahan baku untuk meminimasi *waste* dan optimasi proses pencampuran.

Proses *manufacturing* air bersih 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 dalam proses pencampuran akan dapat diketahui *setting* apa yang sesuai dengan kondisi tersebut. Integrasi ini dalam pengolahan air minum berhubungan dengan kualitas produk dan prosesnya, prinsipnya dalam integrasi pada proses pencampuran adalah mendapatkan *setting* parameter yang optimum. Pada Tabel 1.1 terlihat target luaran yang akan dilakukan dalam penelitian ini.

Tabel 3.1 Target luaran penelitian

No	Jenis luaran			
	Kategori	Sub kategori	Wajib	Tambahan
1	Artikel ilmiah dimuat di jurnal “ Eastern European Journal of Enterprise Technologies ”	Internasional bereputasi terindeks scopus scimagojr	√	
2	Artikel ilmiah dimuat di prosiding	Nasional		√
3	Buku Referensi (ISBN)		√	
4	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)		Level 3	

3.4. 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 regional Banjarbakula.
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 regional Banjarbakula.

BAB 4 METODE PENELITIAN

4.1 Bahan dan Peralatan

a. Bahan

Bahan penelitian yang digunakan adalah *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

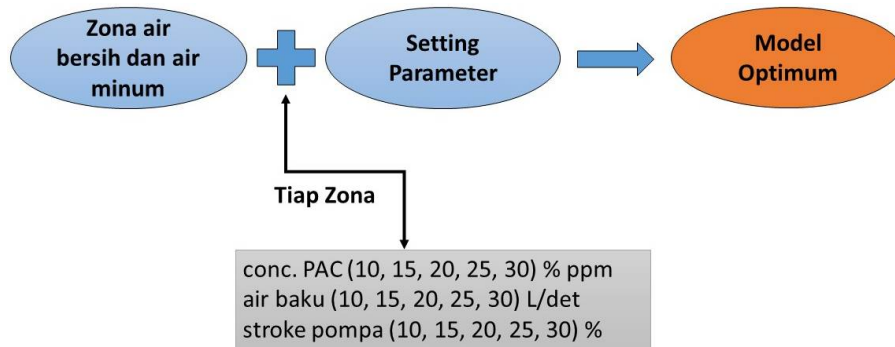
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

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, 10 L/det, 15 L/det, 20 L/det, 25 L/det, dan 30 L/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

Data awal karakteristik kualitas sumber air baku di lokasi Banjarbakula 5 Kab/Kota diperlukan untuk rencana integrasi ini dapat dikumpulkan, didapatkan data sungai yang tingkat kekeruhannya tinggi, sehingga data inilah yang di gunakan untuk pengolahan Zona air bersih dan air minum. Dengan kata lain informasi awal ini akan memberikan data untuk desain eksperimen *taguchi method* untuk pengolahan air setiap zona. Dengan mengkombinasikan keduanya sehingga model optimum integrasi akan didapatkan seperti gambar 4.1.



Gambar 4.1 Desain parameter pada proses *mixing* zona air bersih dan air minum

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 (PAC dan lingkungan berupa parameter berbentuk **(asam dan kekeruhan)** adalah:

- a) Faktor terkontrol: faktor yang digunakan dalam mengkondisikan eksperimen seperti debit air baku, % ppm air PAC dan stroke/langkah pompa yang berinteraksi antara air baku dengan air tawar dan air baku dengan stroke/langkah/putaran terhadap kedua respon lihat tabel 4.1 dibawah tentang setting parameter.

Tabel 4.1 Variabel *setting parameter*

No	Variabel	Tipe data	Satuan
1	- Kapasitas/debit air	kuantitatif	lt/det
2	- Stroke pompa dosing	kuantitatif	%
3	- % ppm PAC	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 *setting* parameter, senyawa kimia dan struktur kristal dari air minum. Karakteristik kualitas tersebut diketahui setelah proses pencampuran selesai yang langsung diuji.

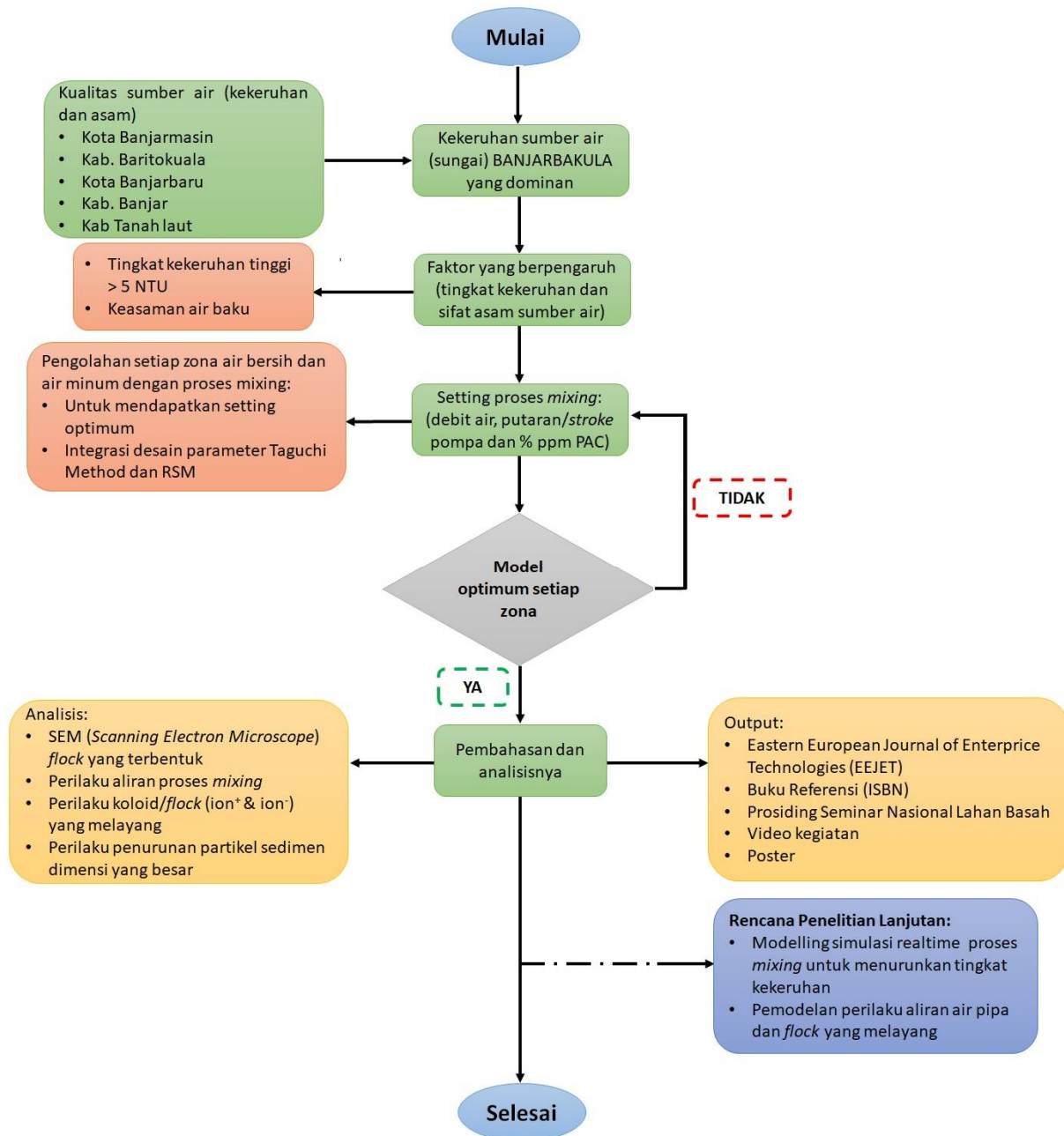
c. Gambar struktur mikro proses pencampuran

Gambar *flock* proses pencampuran air dilakukan untuk melihat kondisi air sesuai *setting* parameter yang dilakukan, ini untuk memperlihatkan bagaimana terjadinya gambar/image setelah terjadinya proses tercampunya PAC dan air baku berupa video untuk melihat struktur mikro pada air yang telah tercampur menggunakan mikroskop digital pembesaran 1000 kali.

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 eksperimen dengan menggunakan alat bantu statistik SPSS 22, Minitab 17 dengan melalui prosedur pengujian dan analisis data.



Gambar 4.2 Diagram alir penelitian

BAB 5 HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

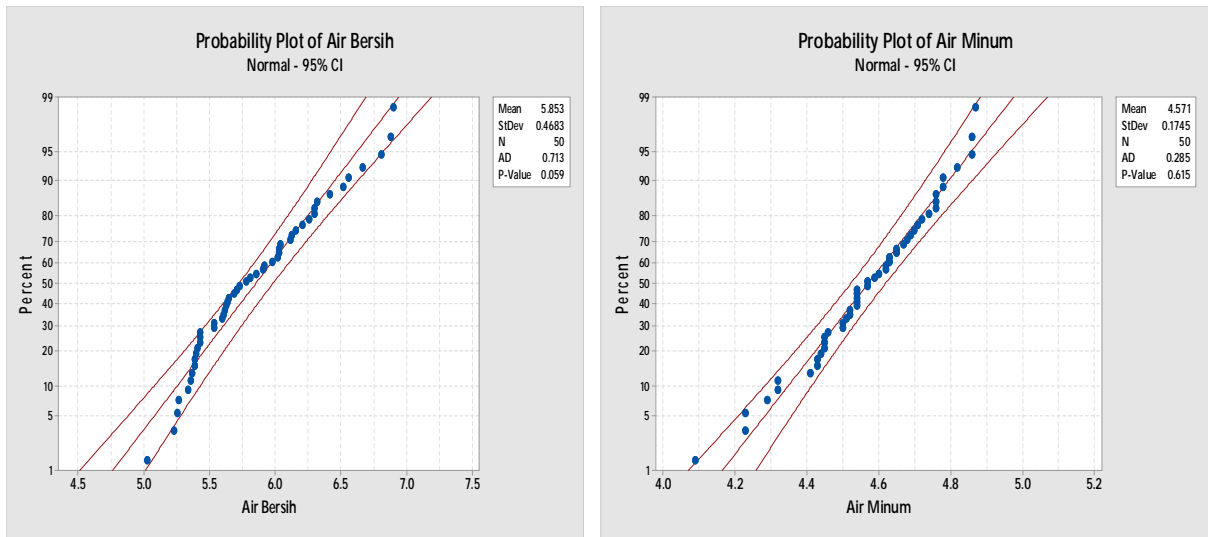
5.1. Pengumpulan data

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 terintegrasi. Selanjutnya dilakukan klasterisasi atau pengurutan parameter mana yang mempengaruhi kualitas pengolahan air bersih. Klasterisasi zona air bersih dan zona air minum berdasarkan urutan pengolahannya, kualitas air kedua zona terlihat dari output tool statistik Minitab. Dengan melihat hasil pengolahan air bersih dan air minum terintegrasi berdasarkan desain parameter untuk mengetahui proses pencampuran yang optimum di kedua zona tersebut. Proses pencampuran yang optimal tersebut dipengaruhi oleh parameter yang dominan pada sumber air baku pada pengolahan air bersih yang akan dijadikan referensi untuk desain parameter terintegrasi untuk air minum.

5.2 Pengolahan Data

5.2.1 Pengujian Normalitas dan Contour Level Kekeruhan

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*, zona air bersih, zona air minum 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.

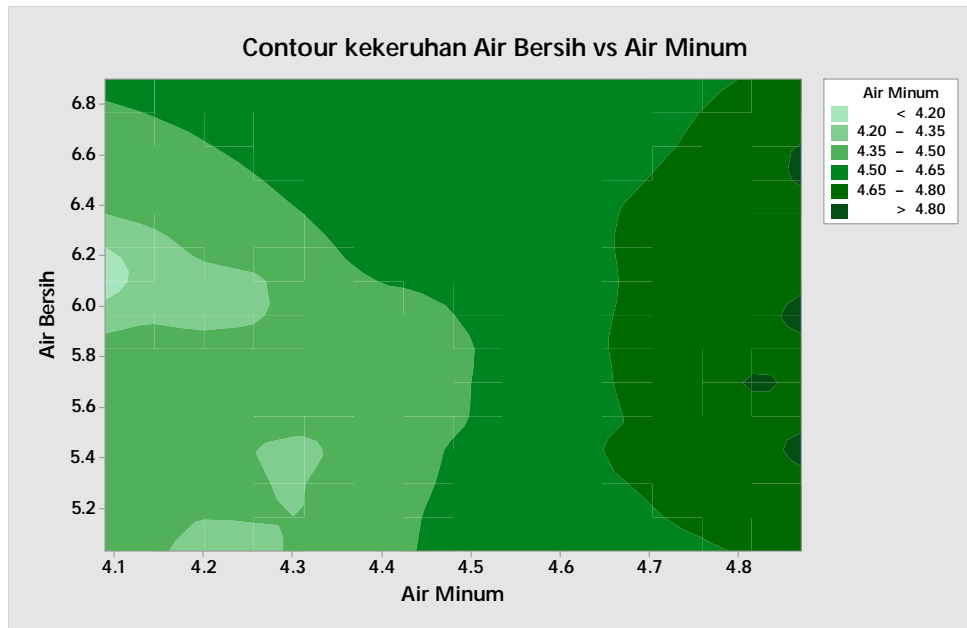


(a) Air bersih

(b) air minum

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

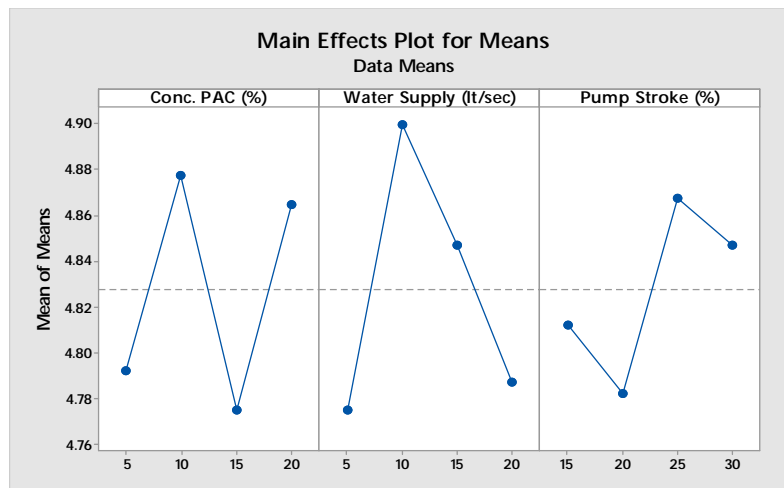
Sedangkan perencanaan eksperimen metode Taguchi dilakukan sebagai bagian dari informasi dan rekomendasi yang didapat dari nilai *over processing* dari model struktural pada proses pengolahan untuk mengoptimalkan desain parameter proses pencampuran. Untuk perbaikan kualitas air bersih, karakteristik kinerja dan nilai parameter produk diidentifikasi dengan menggunakan parameter optimum dari proses. Desain parameter secara berurutan pada proses pencampuran air bersih dan air minum dapat dilihat pada tabel 5.1 di bawah.

Tabel 5.1 Process mixing L9 orthogonal matrix air bersih dan air minum

PAC (% ppm)	water supply (lt/s)	stroke pump (%)	PAC (% ppm)	water supply (lt/s)	stroke pump (%)
5	5	15	10	10	20
5	5	15	10	10	20
5	5	15	10	10	20
10	10	20	15	15	25
10	10	20	15	15	25
10	10	20	15	15	25
15	15	25	20	20	30
15	15	25	20	20	30
15	15	25	20	20	30

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

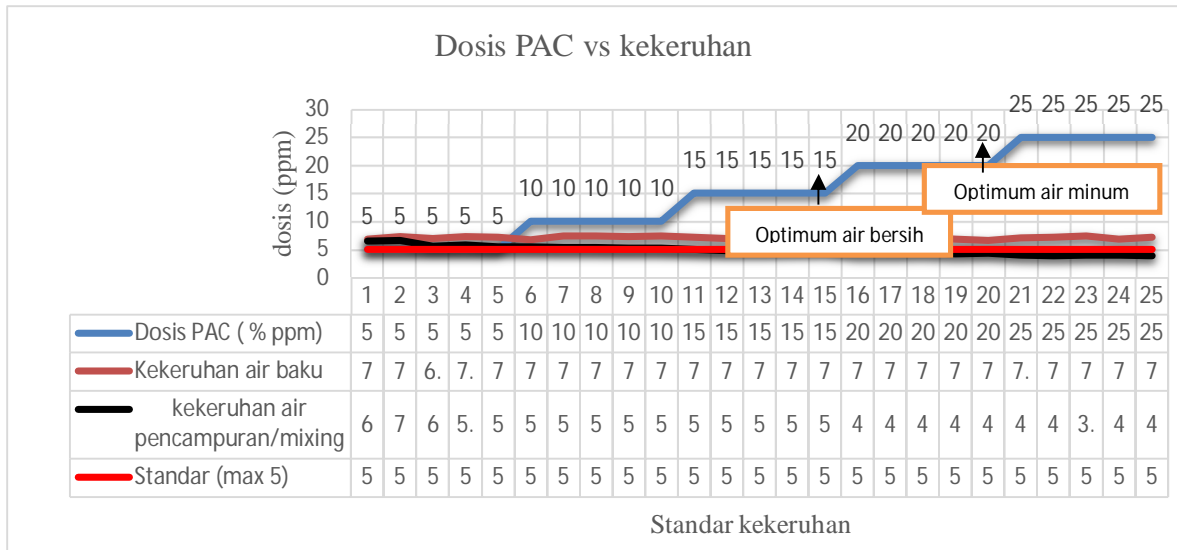
5.3.2 Optimum proses mixing

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* air bersih pada level medium 14 dan 15 ppm koagulan dan zona air minum pada level 18-20 ppm. Secara rata-rata model prediksi proses *mixing* diambil yang maksimum pada *medium level* yaitu 15 air bersih dan 20 untuk air minum untuk kondisi 5-7 NTU tersebut.

Optimum proses mixing zona air bersih = 15% ppm PAC + 15 lt/sec + 15 % pump stroke

Optimum proses mixing zona air minum = 20% ppm PAC + 20 lt/sec + 20 % 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.

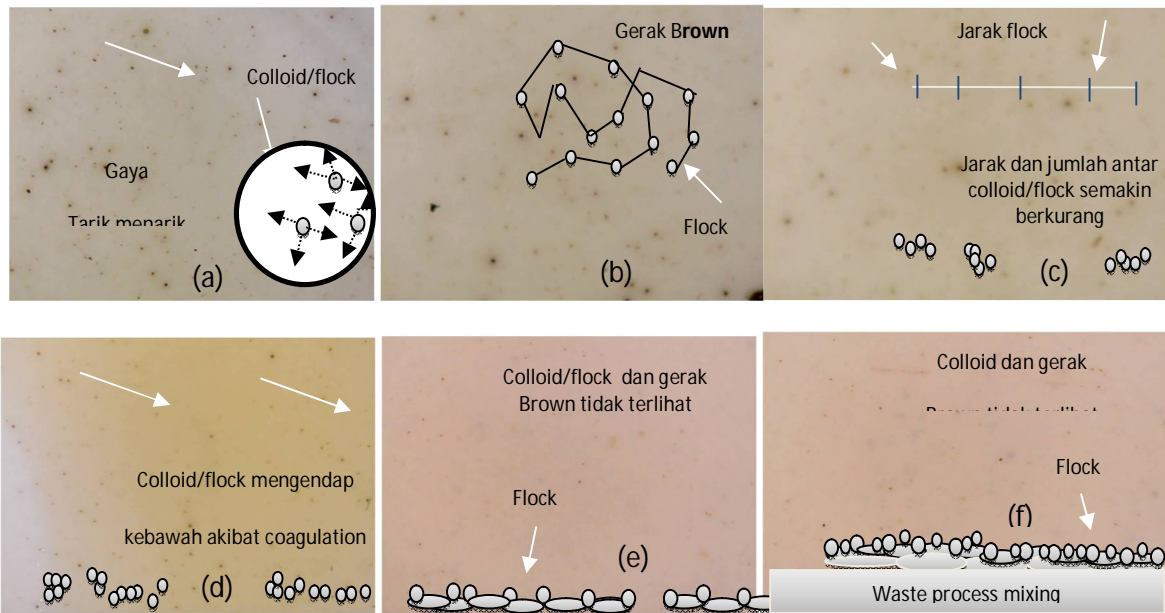


Gambar 5.4 Variasi konsentrasi PAC setiap level

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 flock pada proses pencampuran

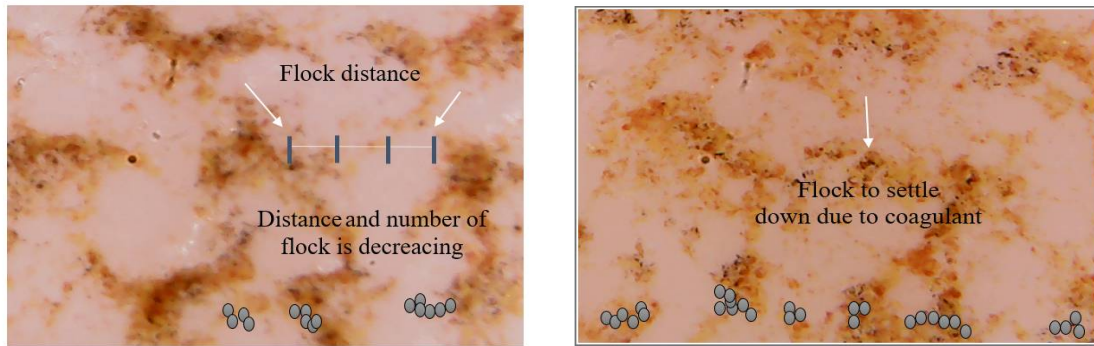
Dalam proses *mixing* setiap variasi *water supply*, ppm PAC dan % *stroke pump* akan berpengaruh pada tingkat kekeruhan karena penambahan koagulan yang akan menarik ion negatif menjadi *flock*, dengan meningkatnya koagulan dan *stroke pump* berupa kecepatan pompa dalam rpm akan mempercepat proses pembentukan *flock*, gambar 5.5a pada air bersih 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 flock (arah panah) kekeruhan < 5 NTU proses *mixing* air bersih
 (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. Untuk hasil SEM sementara untuk zona air minum terlihat seperti gambar 5.6 di bawah



Gambar 5. 6. SEM gambar flock (arah panah) kekeruhan < 5 NTU proses *mixing* air minum

5. 5 Luaran yang telah dicapai

1. Submit di EEJET “**Eastern European Journal of Enterprice Technologies**”jurnal bereputasi Q3

CLEAN AND DRINKING WATER QUALITY ZONE TREATMENT INTEGRATED WITH OPTIMUM MODEL PROCESS MIXING DESIGN PARAMETERS IN PUMP INSTALLATIONS

**Mastiadi Tamjidillah, Muhammad Nizar Ramadhan, Atma Cahyo Anggono,
Rahmadin Bonazir**

Characteristics of the quality of the raw water source for the BANJARBAKULA regional integrated drinking water supply system (SPAM) from Pinus IPA, Martapura River, Tabuk River, Rangas River, Bati-bati, Rantau Badauh and Riam Kanan Irrigation Flow, affecting the process of clean water and drinking water treatment accordance with the drinking water requirements of the Ministry of Health. Parameter design of the two zones will find the optimum model for the mixing process of raw water, poly aluminum chloride (PAC) and pump stroke for the input of water sources from the river will get the appropriate setting composition of each of these mixtures. The specific target in this research is the zone quality of clean water and drinking water for each raw water source that has a high level of turbidity. Parameter design provides a very practical optimization stage. The basis for establishing this parameter design still refers to the factorial fractional experimental design. However, the absence of statistical assumptions following the analysis stages makes this method the preferred method by many researchers and practitioners. With the experimental design of the process of mixing raw water (turbid) such as 10 L/s, 15 L/s, 20 L/s, 25 L/s and 30 L/s and % PAC concentration of 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm and 30 ppm with an installation pump stroke of 10%, 15%, 20%, 25% and 30%. In the process of adding PAC, always pay attention and observe the behavior of the attractive forces of the floating particles (flock). The particles were then tested by SEM (scanning electron microscope) to determine the grain dimensions of the deposited flock.

2. Telah Submit Artikel Seminar Nasional Lahan Basah 2022

PERAN KOAGULAN POLY ALUMINIUM CHLORIDE (PAC) PADA PENGOLAHAN AIR BERSIH DAN AIR MINUM TERINTEGRASI REGIONAL BANJARBAKULA

Mastiadi Tamjidillah^{1*}, Muhammad Nizar Ramadhan¹,
Atma Cahyo Anggono¹, Rahmadin Bonazir¹

¹. Program Studi Teknik Mesin FT ULM Banjarbaru, Indonesia

*Corresponding author: mastiadiit@ulm.ac.id

Abstrak

Beberapa sumber air baku yang digunakan pada pengolahan air bersih dan air minum memiliki tingkat kekeruhan yang tinggi seperti Sungai Martapura, Sungai Tabuk, Sungai Rangas, Bati-bati, Sungai Barito, Rantau Badauh dan Aliran Irigasi Riam Kanan. Karakteristik dan tingkat kekeruhan tersebut sangat dominan mempengaruhi proses pengolahan, sehingga diperlukan peran koagulan untuk menurunkan secara perlahan. Dengan menambahkan komposisi dan persentase (PAC) secara bertahap pada proses mixing pada pengolahan air akan menghasilkan model pencampuran antara air baku, PAC dan langkah putaran pompa instalasi. Model pencampuran yang didapatkan setelah penambahan PAC secara bervariasi akan menurunkan tingkat kekeruhan < 5 NTU sesuai standar kesehatan. Setting penambahan PAC bertahap dengan % konsentrasi PAC 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm dan 25 ppm setting

3. Menulis Buku ajar ber ISBN (LoA dari Penerbit)

BAB I PENGANTAR PENGOLAHAN AIR

A. Pendahuluan

Istilah "kualitas air" menggambarkan karakteristik fisik, kimia dan mikrobiologi air. Sifat-sifat ini secara kolektif menentukan kualitas air secara keseluruhan dan kelayakan air untuk penggunaan tertentu. Sifat-sifat ini bersifat intrinsik terhadap air atau merupakan hasil dari zat-zat yang terlarut atau tersuspensi di dalam air.

Kualitas air sangat bermakna bila dievaluasi dalam kaitannya dengan penggunaan air. Alasannya adalah bahwa air dengan kualitas tertentu mungkin cocok untuk penggunaan tertentu pula, tetapi bisa jadi tidak layak untuk penggunaan lain. Misalnya, air yang layak untuk konsumsi manusia mungkin tidak cocok sebagai air umpan boiler karena garam anorganik terlarut yang dapat diterima dalam air minum, tidak dapat ditoleransi dalam air umpan boiler, karena dapat mengendap dan menyebabkan penyumbatan pada peralatan boiler.

Air yang layak untuk keperluan rumah tangga (air minum) harus memenuhi persyaratan tertentu. Persyaratan yang paling penting adalah harus aman untuk

Rencana daftar isi buku

- Bab I. Pengantar
- Bab II. Kualitas Air Minum
- Bab III. Water Chemistry (Opsional)
- Bab IV. Perhitungan dalam Water Treatment (Opsional)
- Bab V. Koagulasi-Flokulasi
- Bab VI. Sedimentasi dan Flotasi
- Bab VII. Penyaringan Pasir
- Bab VIII. Disinfeksi
- Bab IX. Fluoridasi
- Bab X. Penanganan Residu
- Bab XI. Penanganan Residu
- Bab XII. Advance Process



INTERNATIONAL RESEARCH AND DEVELOPMENT FOR HUMAN BEINGS (IRDH)
Head Office: Perum New Villa Bukit Sengkaling C9 No 1, Malang, Jawa Timur 65141
Branch Office 1 : Jl. Sokajaya No. 59 Purwokerto, Jawa Tengah 53115
Branch Office 2 : Haliren RT 17/ 003 Kel Manuaman Kec Atambua Selatan Kab Belu NTT 85711
Branch Office 3 : Jl. Tabrani Ahmad Komp.Kencana Lestari Blok C No. C12 Pontianak 78115
Website: www.irdhcenter.com; e-mail: buku.irdh@gmail.com
No. HP / WA : 081 357 217 319 / 0896 2142 4412
Ijin Usaha TDF No: 11.07.3.47.02511 SIUPP: 000275/11.07/PK/V/2017 Anggota IKAPI No. 159-JTE-2017

LETTER OF ACCEPTANCE / SURAT PENERIMAAN NASKAH

Nomor: 002/IRDH/XI/2022

Penerbit CV. IRDH menyatakan bahwa,

Nama Penulis : Dr. Mastiadi Tamjidillah, S. T., M. T. IPM
Muhammad Nizar Ramadhan, S. T., M. T
Asal Instansi Penulis : Universitas Lambung Mangkurat
Alamat Penulis : Komplek Surya Indah I Blok G/6, Banjarbaru, Kalimantan Selatan
Nomor HP Penulis : 0819 5454 041
Judul Buku : Teknologi Pengolahan Air Bersih
Editor Buku : Cakti Indra Gunawan, SE., MM., Ph.D

Telah diterima dan memenuhi kelayakan untuk diterbitkan sebagai Buku Referensi. Selanjutnya, naskah buku akan diajukan ke Perpustakaan Nasional Republik Indonesia untuk mendapatkan nomor ISBN (*International Standard Book Number*) .

Malang, 12 November 2022



4. Membuat video kegiatan penelitian (link)
<https://drive.google.com/file/d/17pyzDLdgbuoakGaLsDccQYbVbjowbIZu/view?usp=sharing>
5. Membuat poster (terlampir)
6. Membuat laporan akhir penelitian
7. Membuat tulisan untuk penelitian lanjutan dan output jurnal ke-2 bereputasi lainnya (on proses)

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 di regional Banjarbakula 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 air bersih yang optimum = 15 % ppm conc. PAC + 15 lt/det + 15 % pump stroke, dan untuk air minum yang optimum = 20 % ppm conc. PAC + 20 lt/det + 20 % pump stroke Sedangkan karakteristik flok digambarkan dari struktur mikro flok flok yang melayang dari hasil pencampuran tersebut.

1.2 Saran

Selalu 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.

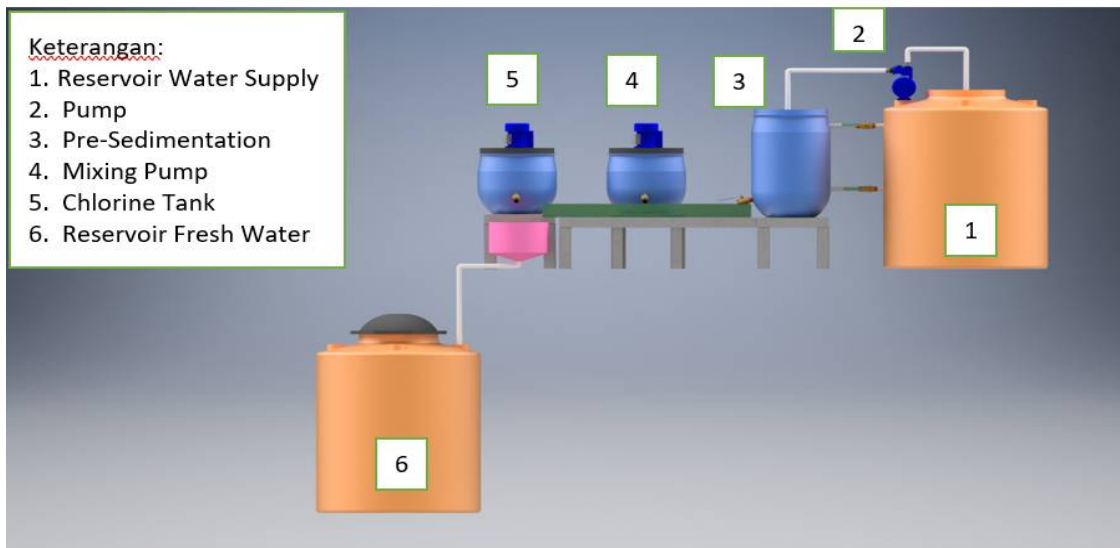
DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1–9.
- 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.
- 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.
- 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
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- 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.
- Hadiyat, M. Arbi. (2012). *Response-surface dan Taguchi : Sebuah alternatif atau kompetisi dalam optimasi secara praktis*.
- 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.
- 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
- Md. Pauzi Abdullah, Lim Fang Yee, Sadia Ata, Abass Abdullah, Basar Ishak, Khairul Nidzam Zainal Abidin, 2009. *The studi of interrelationship between raw water quality parameters, chlorine demand and the formation of disinfektan by products*. *Physics and Chemistry of the Earth*, p 806-811.
- Prabu.S.S, Montgomery, D.C dan Runger. G.C. , *Control Chart with variable size and sampling interval*. *International Journal Production Research*, vol. 31. 1994.
- Roussy et al. 2005. Treatment of ink-containing waste water by coagulation/flocculation using biopolymers. *Journal of Water SA* 3: 375378
- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Penerbit Andi. Yogyakarta.

- Taguchi, Genichi., Chowdhury, Subir., Taguchi Shin., *Robust Engineering*, Mc.Graw-Hill. International Journal Production Research, vol. 36. No.16., 1998
- Tamjidillah M.^{a)} (2015). *Karakteristik Kualitas Air Bersih yang Optimum pada Proses Pencampuran Poly Aluminium Chloride dan Air Baku pada Instalasi Pompa PDAM Intan Banjar*. PDD dikti.
- Tamjidillah M. (2015). *Analisis out of control dan Performansi Air Baku PDAM Dengan Peta Kendali Variabel*. Prosiding Saintek FT UB Malang.
- Tamjidillah M.^{b)} (2016). *Studi Performansi Air Bersih Pada Peta Kendali Untuk Minimasi Fungsi Kerugian Waste*. Prosiding FT ITN Malang.
- Tamjidillah, M^{a)}., Pratikto, Santoso P.B., Sugiono. (2017). The Model of Optimization for Parameter in the Mixing Process of Water Treatment. *Journal of Mechanical Engineering*. Vol. SI 2 (2), 113-122.
- Tamjidillah, M^{b)}., Pratikto, Santoso P.B., Sugiono. (2017). The Model Relationship of Wastes for Parameter Design with Green Lean Production of Fresh Water. *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences*. 4(78) Vol. 26.
- Tamjidillah, M., Irawansyah. H (2020). Model for Improvement of Mixing Process at Water Treatment by Integrating Lean Manufacturing and Parameter Design, *JSJU* Volume 55 No. 5, 2020
- Tamjidillah, M., Ramadhan. MN (2021) Characteristics of Raw Water Sources and Determination of the Optimal Model of the Mixing Process with Parameter Design in Clean Water Pump Installations, *EEJET*, Volume 5/10 (13) 2021
- Wanatabe M dan Ushiyama T. 2002. Characteristic and effective application of polimer coagulant [makalah pribadi]. Tokyo: Kurita Water Industries Ltd.
- Zimmer L.S, Montgomery D.C dan Runger G.C. , *Evaluation of a three-state adaptive sample size \bar{X} control chart*.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Instalasi pompa proses mixing system zona yang dimodifikasi



Lampiran 2. Input bahan baku (kekeruhan) dan penambahan koagulan



