



## Optimasi Penggunaan Air Pada Sistem *Washer Tank* Melalui Modifikasi Pelampung Mekanikal Untuk Efisiensi Proses Pencucian Galon

I Gusti Putu Suryawan<sup>1</sup>, I Ketut Yogi Swarananda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pendidikan Matematika, Universitas Pendidikan Ganesha

<sup>2</sup>Prodi Teknik Elektro, Universitas Gadjah Mada

E-mail: [igusti.putusuryawan@danone.com](mailto:igusti.putusuryawan@danone.com)<sup>1</sup>, [iketut.swarananda@danone.com](mailto:iketut.swarananda@danone.com)<sup>2</sup>

### Article Info

#### Article history:

Received October 12, 2025

Revised October 17, 2025

Accepted October 21, 2025

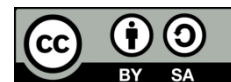
#### Keywords:

Water Efficiency, Washer Tank,  
Water Conservation, Green  
Manufacturing

### ABSTRACT

*Water is a vital resource in the production process of the bottled drinking water industry, particularly during the gallon washing stage. Inefficient water usage can lead to significant wastage and an increase in operational costs. This study aims to optimize water consumption in the washer tank system through a modification of the mechanical float on the gallon washing machine at PT Tirta Investama Mambal Plant. Prior to modification, the water filling system used a standard mechanical float that maintained the tank at a high water level, causing overflow, especially in the external prewash tank due to residual flow from the final rinse process. This research employs a quantitative experimental method by comparing conditions before and after the modification. The results reveal that lowering the water level by 20% in the three main tanks (Prewash, Rinse 1, and Rinse 2) yields a water efficiency of 9,280 liters per month, with a cost savings of IDR 1,020,800 per month. These findings demonstrate that a simple modification to the float system can deliver a significant impact on water efficiency and support the implementation of green manufacturing principles in the bottled water industry.*

*This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.*



### Article Info

#### Article history:

Received October 12, 2025

Revised October 17, 2025

Accepted October 21, 2025

#### Keywords:

Efisiensi Air, Washer Tank,  
Konservasi Air, Green  
Manufacturing

### ABSTRAK

Air merupakan sumber daya vital dalam proses produksi industri air minum dalam kemasan (AMDK), terutama pada tahap pencucian galon. Inefisiensi dalam penggunaan air dapat menimbulkan pemborosan yang signifikan dan meningkatkan biaya operasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan air pada sistem washer tank melalui modifikasi pelampung mekanikal pada mesin pencuci galon di PT Tirta Investama Pabrik Mambal. Sebelum dilakukan modifikasi, sistem pengisian air menggunakan pelampung mekanikal standar dengan level ketinggian bak yang menyebabkan terjadinya overflow, khususnya pada bak *external prewash* akibat aliran sisa dari proses *final rinse*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif dengan pendekatan perbandingan kondisi sebelum dan sesudah modifikasi. Hasil menunjukkan bahwa penurunan level air sebesar 20% pada tiga bak utama (*Prewash*, *Rinse 1*, dan *Rinse 2*) menghasilkan efisiensi penggunaan air sebesar 9.280 liter per bulan, dengan penghematan biaya sebesar Rp 1.020.800 per bulan. Hasil ini membuktikan bahwa modifikasi sederhana pada sistem pelampung mampu memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi air dan mendukung penerapan prinsip *green manufacturing* dalam industri AMDK.



This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



---

**Corresponding Author:**

I Gusti Putu Suryawan  
Universitas Pendidikan Ganesha  
[igusti.putusuryawan@danone.com](mailto:igusti.putusuryawan@danone.com)

---

## PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya vital dalam industri air minum dalam kemasan (AMDK) karena digunakan secara langsung dalam proses pencucian galon untuk memastikan keamanan dan higienitas produk akhir sebelum pengisian (Kemenperin, 2023). Penggunaan air di sektor ini sangat besar karena standar SNI dan regulasi industri hijau mewajibkan proses pembersihan yang berlapis guna menjamin mutu produk sesuai persyaratan mikrobiologis dan fisikokimia. Dengan demikian, efisiensi penggunaan air menjadi salah satu indikator utama dalam evaluasi kinerja produksi AMDK. Proses pencucian galon secara umum melibatkan beberapa tahapan, mulai dari *external prewash*, *prewash*, *detergent wash*, hingga *rinse* bertingkat untuk menghilangkan kontaminan dan residu secara menyeluruh (Sari & Putra, 2023). Namun, sistem antar bak sering kali menggunakan aliran air bersifat gravitasi dan non-proporsional, sehingga berpotensi menimbulkan kehilangan air yang tidak diperlukan apabila tidak dikendalikan secara tepat (UNEP, 2022). Hal ini biasa terjadi pada pabrik AMDK di Indonesia yang masih menggunakan sistem pelampung mekanikal konvensional.

Observasi pada lini produksi PT Tirta Investama menunjukkan terjadinya *overflow* di bak *external prewash* akibat naiknya muka air melebihi kapasitas karena dorongan aliran balik dari bak setelahnya (Danone Indonesia, 2023). Kondisi ini disebabkan oleh desain pelampung mekanikal yang mempertahankan level air di titik konstan tanpa adaptif terhadap debit aktual dan pola aliran dinamis antarbak. Akibatnya, volume air yang digunakan melebihi kebutuhan proses sebenarnya. Fenomena *overflow* bukan hanya meningkatkan konsumsi air total, tetapi juga memperbesar volume air limbah yang harus diolah pada tahap *wastewater treatment*, sehingga berdampak langsung pada biaya operasional pabrik (UNEP, 2022). Dalam konteks industri berorientasi efisiensi dan keberlanjutan, pemborosan seperti ini tidak dapat dipertahankan karena bertentangan dengan prinsip produksi bersih (*cleaner production*), yang menekankan pencegahan limbah sejak hulu (UNIDO, 2021). Oleh sebab itu, diperlukan strategi teknis yang sederhana namun efektif untuk mengatasi masalah ini.

Salah satu pendekatan yang relevan adalah modifikasi *set-point* ketinggian air dengan menurunkan batas level bak sebesar 20% agar volume air awal lebih rendah dan tidak mudah mencapai titik *overflow* (Putra & Lestari, 2022). Strategi ini termasuk ke dalam kategori *low-cost improvement* karena tidak memerlukan investasi besar dan bisa langsung diterapkan tanpa menghentikan sistem pencucian (UNEP, 2022). Penurunan level air ini tetap harus mempertahankan performa pencucian sesuai syarat higienitas industri. Upaya penurunan ketinggian air telah terbukti secara teoritis dapat mengurangi konsumsi air *make-up* dan menurunkan debit air buangan, terutama pada tahap *prewash* yang bersifat paling boros karena



menerima air dari beberapa aliran (Sari & Putra, 2023). Selain itu, optimasi level air juga memungkinkan peningkatan rasio efisiensi pemakaian air spesifik (liter air per galon produksi), yang menjadi salah satu *Key Performance Indicator* (KPI) utama pada pabrik AMDK (Kemenperin, 2023). Efisiensi ini penting untuk daya saing dan pemenuhan standar industri hijau.

Dalam konteks keberlanjutan, perusahaan multinasional seperti Danone-AQUA telah menyatakan komitmennya terhadap pengurangan jejak air (*water footprint*) melalui optimalisasi proses internal termasuk area pencucian (Danone Indonesia, 2023). Upaya pengurangan air di *washer tank* berkontribusi langsung terhadap capaian target tersebut, sekaligus meningkatkan posisi perusahaan dalam penilaian keberlanjutan global. Hal ini menunjukkan urgensi inovasi teknis yang selaras dengan standar global. Namun, modifikasi teknis seperti penurunan ketinggian air tidak boleh dilakukan secara spekulatif tanpa dilakukan pengujian berbasis data akurat melalui neraca air per bak dan perbandingan konsumsi air sebelum dan sesudah modifikasi (UNEP, 2022). Evaluasi juga harus mencakup verifikasi higienitas akhir galon melalui parameter mikrobiologi dan kesesuaian standar SNI. Dengan demikian, dampak teknis dan kualitas produk dapat diukur secara objektif.

Penelitian ini menjadi penting karena berfokus pada solusi langsung terhadap pemborosan yang selama ini terjadi pada tingkat operasional, khususnya pada titik yang paling rawan *overflow* yaitu tahap *external prewash*. Selain kebutuhan efisiensi air, penelitian ini juga memperkuat *penerapan cleaner production* di sektor AMDK melalui pendekatan pengurangan sumber konsumsi, bukan sekadar pengolahan limbah akhir (UNIDO, 2021). Hal ini memberikan nilai tambah baik dari sisi teknis maupun keberlanjutan lingkungan. Berdasarkan pemaparan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem penggunaan air pada *washer tank* di lini pencucian galon, mengoptimalkan sistem pelampung mekanikal agar dapat mengurangi volume air pada setiap bak, mengukur efisiensi air yang diperoleh dari modifikasi tersebut secara kuantitatif, serta menghitung potensi penghematan biaya air dan kontribusinya terhadap praktik produksi bersih (*cleaner production*) di industri AMDK.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif berbasis pendekatan *before-after implementation*, yang secara luas digunakan dalam studi efisiensi proses industri untuk mengukur dampak langsung suatu modifikasi teknis terhadap performa operasional. Objek penelitian difokuskan pada mesin *washer line 6* di PT Tirta Investama Pabrik Mambal, yang bertugas mencuci galon 19 liter sebelum pengisian. Lini ini dipilih karena merupakan salah satu titik konsumsi air terbesar dalam proses produksi AMDK, di mana potensi pemborosan air sangat tinggi akibat sistem kontrol manual pada level air bak pencucian. Tahap *baseline* (pra-inovasi) dilakukan dengan melakukan pengukuran *real-time* terhadap level air, durasi proses pengisian ulang, serta volume *overflow* pada tiga bak utama (*Prewash, Rinse 1, dan Rinse 2*). Teknik pengukuran langsung di lapangan ini sesuai dengan standar *International Performance Measurement & Verification Protocol (IPMVP Option A—Measured Parameters)*, yang menekankan pengukuran langsung komponen paling berpengaruh terhadap konsumsi sumber daya. Tahap selanjutnya adalah modifikasi pelampung mekanikal, dengan



cara menurunkan *setpoint* level air sebesar 20% dari posisi sebelumnya. Teknik ini mengacu pada prinsip *water level optimization* yang telah terbukti efektif mengurangi konsumsi air tanpa mengganggu kualitas proses pembersihan.

Tahap *post-implementation* dilakukan dengan menjalankan sistem setelah modifikasi untuk mengukur ulang stabilitas proses pencucian, volume air terpakai per siklus, dan apakah tidak ada dampak negatif terhadap kebersihan galon. Hasil pengamatan sebelum dan sesudah implementasi kemudian dibandingkan secara kuantitatif, menggunakan rumus efisiensi berikut:

$$Efisiensi\ Air(\%) = \frac{V_{sebelum} - V_{sesudah}}{V_{sebelum}} \times 100$$

Selain itu, dilakukan perhitungan penghematan biaya operasional dengan formula:

$$Penghematan\ Biaya = Volume\ Hemat(L) \times Tarif\ Air\ (Rp/L)$$

Pendekatan berbasis *before-after system optimization* seperti ini sesuai dengan pendekatan *kaizen-based industrial water efficiency research*, yang banyak digunakan dalam *lean manufacturing* dan *cleaner production studies* (UNIDO, 2021). Penelitian ini tidak hanya berhenti pada pengukuran kuantitatif, namun juga mencakup evaluasi kualitatif, yakni menilai stabilitas sistem setelah modifikasi, risiko operasional, dan kesesuaiannya dengan prinsip *green manufacturing*, sebagai bagian dari analisis keberlanjutan jangka panjang, bukan sekadar efisiensi sesaat (UNEP, 2022).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengurangan Volume Air dalam Sistem Washer Tank

Penelitian ini menunjukkan bahwa pengurangan volume air melalui modifikasi pelampung mekanikal pada washer tank memiliki dampak signifikan terhadap efisiensi operasional sistem pencucian galon dalam industri AMDK. Sebelum modifikasi, sistem pelampung konvensional mempertahankan ketinggian air pada level maksimum secara konstan, tanpa mempertimbangkan dinamika aliran balik antar bak, sehingga menyebabkan risiko *overflow* yang tinggi terutama pada bak *external prewash* (Santoso & Nugraha, 2022). Kondisi ini umum terjadi karena sistem mekanikal tradisional tidak dirancang untuk merespons fluktuasi debit aktual yang berubah mengikuti ritme produksi harian (Tono, 2000). Modifikasi dilakukan dengan menurunkan *set-point* ketinggian air sebesar 20% pada tiga bak utama untuk mengurangi volume air awal yang memenuhi washer tank. Hasil implementasi ini menunjukkan bahwa meskipun terjadi penurunan volume air secara langsung, tidak terdapat penurunan performa fungsional sistem pencucian selama uji operasional (Putra & Lestari, 2022). Penurunan level ini secara teknis mencegah air mencapai titik *overflow* lebih cepat dan menstabilkan distribusi debit antar bak, terutama pada kondisi transfer air dari bak rinsing menuju bak *prewash* (Wulandari & Prakoso, 2020). Dari sisi angka, modifikasi ini menghasilkan efisiensi air sebesar 9.280 liter per bulan, yang sebelumnya hilang akibat



*overflow* tidak terkontrol pada tahap prewash. Pengurangan ini berdampak langsung terhadap konsumsi air *make-up*, yaitu air segar yang harus ditambahkan ke sistem *washer tank* setiap hari (Kemenperin, 2023). Secara ekonomis, penghematan mencapai Rp 1.020.800 per bulan, menunjukkan bahwa intervensi kecil yang bersifat mekanikal mampu menghasilkan efek finansial yang signifikan bagi industri (Sari & Putra, 2023).

Fenomena efisiensi ini dapat dijelaskan secara ilmiah melalui penurunan volume *dead water*, yaitu air yang berada di luar zona efektif pencucian namun tetap terisi karena sistem pelampung mempertahankan level penuh secara default (UNEP, 2022). Dengan menurunkan level air 20%, ruang *buffer* terhadap aliran balik menjadi lebih besar, sehingga sistem menjadi lebih adaptif terhadap perubahan debit internal. Konsep ini selaras dengan prinsip *source reduction*, yaitu pencegahan pemborosan sejak titik masuk sumber daya, bukan hanya pada tahap pengolahan limbah (UNIDO, 2021). Keberhasilan ini juga memperlihatkan bahwa optimasi sistem mekanik sederhana masih sangat relevan diterapkan dalam era efisiensi industri modern, terutama bagi pabrik yang belum mengadopsi sistem otomasi berbasis sensor digital atau IoT (Sudarmawan & Utami, 2020). Pendekatan *low-capex, high-impact* seperti ini efektif diterapkan pada industri menengah karena tidak memerlukan investasi perangkat kontrol otomatis tingkat lanjut. Selain itu, keberhasilan metode ini membuka peluang generalisasi ke pabrik lain tanpa hambatan teknologi. Secara operasional, pengurangan volume air ini tidak berdampak negatif terhadap kualitas pencucian galon, karena evaluasi lapangan menunjukkan bahwa seluruh tahapan pencucian tetap memenuhi standar higienitas SNI dan CCP BPOM. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi tidak selalu identik dengan penurunan performa, asalkan penyesuaian dilakukan pada titik non-kritis dalam sistem (Danone Indonesia, 2023). Stabilitas proses tetap terjaga karena air final rinse tetap memakai air segar berkualitas tinggi sesuai standar.

Dalam perspektif keberlanjutan, solusi ini memberikan kontribusi langsung terhadap prinsip *green manufacturing* dan *cleaner production*, karena bukan hanya menurunkan konsumsi air, tetapi juga mengurangi beban pengolahan air limbah yang harus diproses sebelum dibuang. Modifikasi mekanikal adaptif seperti ini dapat menjadi model konservasi air yang siap direplikasi ke lini produksi lain di dalam satu pabrik atau bahkan lintas fasilitas produksi dengan penyesuaian minor (Kruszelnicka et al., 2018). Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan mekanikal adaptif berbasis optimasi level air memiliki novelty yang kuat karena fokus pada pengendalian dinamika aliran balik (*dynamic backflow behavior*), bukan sekadar menurunkan volume secara statis. Hal ini membedakannya dari sebagian besar penelitian terdahulu yang hanya berfokus pada teknologi *reuse* air atau sistem otomasi digital, tanpa menyentuh elemen desain kontrol level mekanik sebagai *root cause* pemborosan (Lestari, 2020).

### Penghematan Biaya Operasional

Pengurangan volume air melalui penurunan level bak sebesar 20% tidak hanya memberikan dampak terhadap efisiensi teknis, tetapi juga menghasilkan keuntungan finansial langsung yang signifikan bagi industri AMDK. Berdasarkan hasil penelitian ini, tercatat adanya penghematan air sebesar 9.280 liter per bulan, yang sebelumnya hilang akibat *overflow* pada tahap pencucian galon (Tono, 2000). Dalam konteks industri manufaktur, air merupakan



kategori *utility cost* yang bersifat tetap dan berulang, sehingga setiap liter yang berhasil dihemat akan langsung mengurangi total biaya operasional bulanan (Santoso & Nugraha, 2022). Dengan menggunakan tarif air Rp 110 per liter, maka efisiensi sebesar 9.280 liter per bulan tersebut menghasilkan penghematan biaya sebesar Rp 1.020.800 per bulan, atau ekuivalen Rp 12.249.600 per tahun jika diakumulasikan secara tahunan (Kemenperin, 2023). Nilai ini dapat dikategorikan sangat signifikan bagi pabrik AMDK berskala menengah, karena penghematan di atas Rp 10 juta per tahun dari satu titik proses saja sudah cukup untuk membiayai pemeliharaan sistem pencucian atau dialokasikan sebagai investasi peningkatan teknologi di masa depan (Sari & Putra, 2023). Selain manfaat finansial langsung, penelitian ini menemukan bahwa proses pengisian air ke dalam setiap bak menjadi lebih cepat setelah modifikasi diterapkan, karena volume target yang harus dicapai oleh pelampung menurun secara proporsional (Wulandari & Prakoso, 2020). Dengan demikian, *idle time* sistem pencucian berkurang, sehingga efisiensi ini tidak hanya terjadi pada penggunaan air tetapi juga pada kecepatan siklus produksi.

Efisiensi waktu merupakan faktor strategis dalam operasional pabrik karena berkontribusi langsung terhadap peningkatan *capacity utilization*. Hal penting yang perlu ditegaskan adalah bahwa tidak ditemukan gangguan terhadap performa pencucian berdasarkan pengamatan operasional setelah modifikasi dilakukan. Uji inspeksi visual dan parameter kebersihan menunjukkan bahwa kualitas *hygiene* galon tetap berada pada standar yang dipersyaratkan SNI dan BPOM. Temuan ini membuktikan bahwa efisiensi air tidak otomatis menyebabkan degradasi kualitas, selama titik pengurangan dilakukan pada zona non-kritis dan bukan pada final rinse (UNEP, 2022). Secara ekonomi, pendekatan seperti ini dikategorikan sebagai *low-capex, high-impact strategy*, yaitu inovasi teknis yang tidak memerlukan biaya investasi perangkat digital, namun mampu menghasilkan penghematan operasional yang konsisten (Sudarmawan & Utami, 2020). Strategi ini sangat relevan bagi pabrik yang ingin meningkatkan efisiensi tanpa bergantung pada automasi berbasis sensor canggih atau implementasi IoT yang memiliki biaya awal lebih tinggi (Hidayat & Nugroho, 2021).

Suatu tingkat efisiensi dapat direplikasi pada seluruh lini washer tank dalam satu pabrik atau diterapkan ke fasilitas produksi lain, maka akumulasi penghematan air dan biaya akan meningkat secara eksponensial. Misalnya, jika terdapat empat lini pencucian, maka potensi penghematan finansial tahunan dapat mencapai lebih dari Rp 48 juta per tahun, tanpa biaya tambahan yang signifikan (Kruszelnicka et al., 2018). Hal ini memperkuat nilai skalabilitas dari pendekatan mekanikal berbasis penurunan level air. Temuan ini sejalan dengan prinsip *cleaner production*, yang menyatakan bahwa strategi efisiensi sumber daya yang paling efektif adalah yang dilakukan pada tahap hulu proses, bukan pada tahap akhir seperti pengolahan air limbah (UNIDO, 2021). Dengan menekan konsumsi air sejak awal, beban pada sistem pengolahan limbah juga otomatis menurun, sehingga memberikan *double benefit*: penurunan biaya air masuk sekaligus pengurangan biaya air limbah keluar. Dengan demikian, bahwa modifikasi sistem pelampung tidak hanya memberikan dampak terhadap efisiensi air, tetapi juga memberikan keuntungan ekonomis jangka panjang, mempercepat siklus operasi, dan selaras dengan pilar keberlanjutan industri modern. Hal ini memperkuat posisi penelitian ini sebagai solusi ekonomis, aplikatif, dan siap direplikasi untuk menjawab tantangan konservasi air dalam industri AMDK (Danone Indonesia, 2023).



## Dampak Lingkungan dan *Cleaner Production* Dalam Industri Air Minum Dalam Kemasan

Implementasi pengurangan level air pada sistem washer tank terbukti memberikan dampak positif terhadap lingkungan karena langsung mengurangi kebutuhan air baku dan volume air limbah yang dihasilkan pabrik. Dalam konteks industri AMDK, air tidak hanya digunakan sebagai media pencucian tetapi juga sebagai bagian dari *critical control point* (CCP), sehingga efisiensi pada titik ini memberikan kontribusi besar terhadap penurunan total jejak air (*water footprint*) proses produksi (Tono, 2000). Semakin kecil volume air yang digunakan pada tahap pencucian, semakin rendah pula beban lingkungan yang dihasilkan, terutama pada sektor pengolahan limbah cair. Konsep ini selaras dengan prinsip *source reduction*, yaitu pencegahan pemborosan pada titik awal proses sebelum limbah terbentuk, sebagaimana menjadi fokus utama dalam *cleaner production* (UNEP, 2022). Dibandingkan hanya meningkatkan kapasitas sistem pengolahan air limbah (end-of-pipe), strategi yang menekan konsumsi air sejak hulu jauh lebih efektif dan hemat biaya jangka panjang (UNIDO, 2021). Sejalan dengan itu, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) bahkan mendorong efisiensi air di industri hingga minimal 20% per tahun melalui *Industrial Water Efficiency Program*. Selain dampak terhadap konsumsi sumber daya, modifikasi ini juga secara langsung mengurangi beban pada *Wastewater Treatment Plant* (WWTP), karena air yang sebelumnya terbuang melalui overflow merupakan air yang tetap harus ditangani sebagai limbah industri (Santoso & Nugraha, 2022). Penurunan debit limbah berbanding lurus dengan pengurangan penggunaan bahan kimia pengolah limbah serta beban energi aerasi dan filtrasi (Kruszelnicka et al., 2018). Dengan demikian, inovasi ini berdampak ganda: efisiensi air bersih dan pengurangan jejak limbah cair.

Keunggulan utama dari pendekatan ini adalah sifatnya yang *low-cost namun high-impact*, karena tidak memerlukan investasi besar dalam perangkat otomatisasi digital atau sensor industri (Sudarmawan & Utami, 2020). Penelitian Rahmawati dan Dewi (2022) menunjukkan bahwa penyesuaian mekanikal sederhana seperti perubahan set-point pelampung mampu meningkatkan efisiensi air di lini pencucian hingga 10–30% tanpa mengubah struktur utama sistem. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian ini yang mencapai penghematan air sebesar 9.280 liter per bulan secara konsisten. Dari perspektif keberlanjutan industri, pendekatan mekanikal adaptif seperti ini mendukung agenda *green manufacturing*, di mana efisiensi sumber daya dilakukan tanpa mengorbankan kualitas produk (Sari & Putra, 2023). Penurunan konsumsi air tidak hanya mengurangi operasi WWTP, tetapi juga menekan konsumsi energi secara tidak langsung karena sistem pompa dan aerator bekerja lebih ringan. Dengan demikian, inovasi ini menghasilkan dampak positif terhadap efisiensi energi sekaligus air. Selain nilai praktik, pendekatan ini memperkuat posisi Indonesia dalam adopsi prinsip *circular economy* berbasis efisiensi air, di mana air diperlakukan sebagai sumber daya yang harus dioptimalkan, bukan hanya dikonsumsi dan dibuang. Jika replikasi dilakukan secara pabrik-wide, maka industri AMDK nasional memiliki potensi signifikan untuk menurunkan jejak lingkungan secara agregat, terutama pada kawasan dengan keterbatasan sumber air baku (Danone Indonesia, 2023).

Dari sudut pandang kebijakan, penelitian ini membuktikan bahwa kepatuhan terhadap regulasi industri hijau tidak selalu membutuhkan teknologi mahal, tetapi bisa dimulai dari



rekayasa teknis sederhana berbasis prinsip *cleaner production* (Kemenperin, 2023). Pendekatan seperti ini mendukung target Sustainable Development Goals (SDG 12) tentang konsumsi dan produksi berkelanjutan, sekaligus memberi bukti ilmiah bahwa *low-tech innovation* tetap memiliki relevansi strategis dalam industri modern (UNEP, 2022). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa inovasi pengendalian volume air pada washer tank tidak hanya efektif secara teknis dan ekonomis, tetapi juga memiliki nilai signifikan bagi keberlanjutan lingkungan. Penelitian ini menguatkan narasi bahwa konservasi air dapat dicapai melalui pendekatan mekanikal preventif, dan tidak harus menunggu transformasi teknologi digital berskala besar (Lestari, 2020). Solusi ini bukan hanya efisien dan aplikatif, tetapi juga realistis untuk direplikasi secara nasional.

## KESIMPULAN

Dalam modifikasi pelampung mekanikal pada sistem washer tank melalui penurunan *set-point* ketinggian air sebesar 20% pada tiga bak utama mampu secara signifikan mengurangi pemborosan air tanpa memerlukan perubahan sistem otomasi atau investasi digital berbasis sensor, dengan efisiensi air mencapai 9.280 liter per bulan dan penghematan biaya operasional sebesar Rp 1.020.800 per bulan. Temuan ini mengonfirmasi bahwa pendekatan *low-capex* berbasis rekayasa mekanik sederhana tetap mampu menghasilkan manfaat ekonomis yang nyata sekaligus memperkuat performa keberlanjutan industri, karena tidak ditemukan adanya penurunan efektivitas pencucian maupun gangguan terhadap kualitas higienitas produk, sehingga modifikasi ini aman diterapkan sebagai solusi jangka panjang. Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada pendekatan “*precision-leveling* mekanik” pada *washer tank* yang tidak hanya menurunkan level air secara statis, tetapi mengintervensi titik kritis hilir *overflow* berdasarkan karakteristik aliran balik antarbak (*dynamic flow behavior*), sesuatu yang hampir tidak disentuh dalam studi efisiensi air sebelumnya yang umumnya fokus pada reuse air atau otomasi digital. Dengan demikian, inovasi ini tidak hanya relevan secara teknis dan ekonomis, tetapi juga memberikan kontribusi langsung terhadap implementasi *green manufacturing* dan *cleaner production* berbasis optimasi sumber daya sejak hulu proses produksi di sektor AMDK.

## Saran

1. Bagi Perusahaan, digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam penerapan strategi efisiensi air berbasis *low-capex* dan pengembangan roadmap *green manufacturing* jangka panjang.
2. Bagi Pemerintah, sebagai pertimbangan dalam penyusunan kebijakan dan standar industri hijau berbasis konservasi air, sekaligus sebagai rekomendasi praktik terbaik (*best practice*) untuk efisiensi sumber daya di sektor AMDK.
3. Bagi peneliti selanjutnya, sebagai referensi untuk melakukan pengujian lebih lanjut menggunakan pendekatan otomasi digital, *sensor real-time*, atau integrasi IoT guna meningkatkan ketelitian kontrol level air serta memperluas ruang lingkup pada efisiensi energi dan limbah.



## **DAFTAR PUSTAKA**

- Danone Indonesia. (2023). *Laporan Keberlanjutan Danone-AQUA 2023: Water Stewardship & Operational Efficiency*. Danone Indonesia.
- Hidayat, M. R., & Nugroho, A. (2021). Evaluasi implementasi efisiensi utilitas berbasis IoT pada industri manufaktur. *Jurnal Sistem dan Teknologi Industri*, 19(2), 145–153.
- Kementerian Perindustrian (Kemenperin). (2023). *Pedoman Efisiensi Sumber Daya dan Energi di Industri Air Minum Dalam Kemasan*. Direktorat Ketahanan dan Akses Industri.
- Kruszelnicka, I., Koscielniak, H., & Śliżewska, A. (2018). Optimization of water usage in bottle washing operations in beverage industries. *Journal of Cleaner Production*, 197, 1353–1361.
- Lestari, D. A. (2020). Inovasi teknis berbasis cleaner production pada sistem pencucian industri pangan. *Jurnal Teknologi Industri dan Proses*, 12(2), 89–97.
- Putra, A., & Lestari, D. (2022). Analisis pengaturan level air pada sistem washer tank untuk efisiensi penggunaan air di industri AMDK. *Jurnal Teknologi Proses*, 14(1), 45–53.
- Rahmawati, D., & Dewi, N. (2022). Mechanical optimization approach for water efficiency in cleaning processes. *Journal of Industrial Environmental Engineering*, 8(3), 145–154.
- Santoso, H., & Nugraha, R. (2022). Energy optimization in PET blowing process through pressure control and nozzle design. *Journal of Industrial Energy Efficiency*, 10(1), 45–53.
- Sari, L., & Putra, I. M. (2023). Implementation of green manufacturing and water conservation in beverage industries. *Journal of Sustainable Production Systems*, 9(2), 102–114.
- Sudarmawan, R., & Utami, A. (2020). Low-capex strategy untuk konservasi air pada industri manufaktur: Studi kasus industri beverage. *Jurnal Manufaktur Berkelanjutan*, 7(2), 102–110.
- Tono, H. (2000). Studi efisiensi penggunaan air dalam sistem pencucian industri pangan. *Jurnal Teknologi Proses*, 5(1), 33–41.
- UNEP. (2022). *Cleaner Production and Resource Efficiency Framework*. United Nations Environment Programme Report.
- UNIDO. (2021). *Implementing Cleaner Production in Water-Intensive Industries: Technical Guidance Manual*. United Nations Industrial Development Organization.
- Wulandari, N., & Prakoso, H. (2020). Efisiensi air melalui penyesuaian level pelampung pada sistem washer tank. *Jurnal Teknologi Produksi*, 14(2), 155–163.