

ANALISIS PENDISTRIBUSIAN AIR BERSIH MENGUNAKAN METODE TRANSPORTASI DI IPA PURWAHARJA PERUMDAM TIRTA ANOM

Septiana Fauzi¹, Abdul Fatah²
Teknik Industri^{1,2}
Sekolah Tinggi Teknologi Bandung^{1,2}
septianafauzi23@gmail.com¹ abdufatah@sttbandung.ac.id²

Abstrak

Kenaikan jumlah penduduk Kota Banjar ke depan dapat mempengaruhi kenaikan dari jumlah pelanggan air bersih di IPA Purwaharja Perundam Tirta Anom, sekaligus juga dapat meningkatkan konsumsi air bersih di Kota tersebut. Oleh karena itu diperlukan analisa terhadap jalur pendistribusian air bersih yang efektif agar semua pelanggan bisa terpenuhi kebutuhannya dengan biaya distribusi yang rendah. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Transportasi. Pemecahan solusi awal menggunakan *Northwest Corner Method*, *Least Cost Method*, dan *Vogel's Approximation Method*. Metode Vogel's merupakan solusi awal terbaik dengan biaya yang rendah jika dibandingkan dengan solusi awal yang lain. Adapun untuk mencari solusi optimal menggunakan *Stepping Stone*. Hasil perhitungan yang diperoleh yakni total biaya operasional pendistribusian air bersih harian di IPA Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar adalah sebesar Rp.6.934.893, lebih kecil dari biaya operasional harian sebelumnya yaitu sebesar Rp.7.730.631. Jika dilihat dari jalur distribusinya, dihasilkan bahwa jalur pendistribusian air bersih yang efektif yang mampu mengurangi biaya operasional harian dapat dilakukan perubahan dari sebelumnya, dimana titik distribusi Intake 1, IPA WTP I, Tandon 2 dan Tandon 3 harus diistirahatkan terlebih dahulu untuk mengurangi kelebihan kapasitas produksi air dimana hal ini dapat membuat biaya operasional pendistribusian air bersih menjadi tinggi yang bersifat pemborosan. Selain itu kapasitas di Intake 5 dapat dikurangi untuk menyesuaikan dengan jumlah kebutuhan di setiap wilayah tujuan.

Kata Kunci : Distribusi, Transportasi, *Stepping Stone*.

Abstract

The increase in the population of Banjar City in the future can affect the increase in the number of clean water customers at the Purwaharja Perundam Tirta Anom WTP, as well as increase the consumption of clean water in the City. Therefore, an analysis of effective clean water distribution channels is needed so that all customers can fulfill their needs with low distribution costs. The method used in this research is the method of transportation. Solving the initial solution using the *Northwest Corner Method*, *Least Cost Method*, and *Vogel's Approximation Method*. *Vogel's method* is the best initial solution at a low cost when compared to other initial solutions. As for finding the optimal solution using the *Stepping Stone*. The calculation result obtained is that the total operational cost of daily clean water distribution at IPA Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Banjar City is Rp.6,934,893, less than the previous daily operational cost of Rp.7,730,631. When viewed from the distribution channel, it results that an effective clean water distribution channel that is able to reduce daily operational costs can be changed from before, where the distribution points of Intake 1, IPA WTP I, Reservoir 2 and Reservoir 3 must be rested first to reduce excess production capacity water where this can make the operational costs of distributing clean water high which is a waste. In addition, the capacity at Intake 5 can be reduced to suit the number of needs in each destination area.

Keywords: Distribution, Transportation, *Stepping Stone*

I. PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan utama bagi masyarakat sehingga air harus selalu tersedia guna mempertahankan keberlangsungan hidup manusia. Kebutuhan air bersih berbeda-beda di setiap tempat dan setiap tingkatan kehidupan masyarakat. Semakin tinggi taraf kehidupan seseorang semakin meningkat pula kebutuhannya akan air. Taraf kehidupan ini dapat dilihat dari kondisi sosial ekonomi masyarakat, seperti jumlah anggota keluarga dan pendidikan. Peningkatan jumlah penggunaan air bersih bergantung kepada jumlah kapasitas produksi yang dihasilkan PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar khususnya pada IPA Purwaharja dimana jumlah kapasitas yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan jumlah permintaan yang ada, berikut daftar tabel kapasitas produksi yang dihasilkan pada Tabel 1 dibawah ini.

TABEL I
DAFTAR JUMLAH KAPASITAS AIR PRODUKSI

NO	INTAKE	KAPASITAS (M ³ /HARI)
1	INTAKE 1	776
2	INTAKE 2	2.111
3	INTAKE 3	2.111
4	INTAKE 4	2.112
5	INTAKE 5	754
6	INTAKE 6	1.616
TOTAL		9.480

SUMBER: IPA PURWAHARJA, 2022

Berdasarkan dari jumlah kapasitas air bersih yang ada di IPA Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar yaitu sebesar 9.480 m³/hari, dimana jumlah kapasitas ini melebihi dari jumlah permintaan yang ada di setiap wilayah zona permintaan yang ada di IPA Purwaharja, pada wilayah zona permintaan ini terdapat jumlah permintaan setiap wilayah yang berbeda-beda, untuk wilayah zona permintaan di IPA Purwaharja terdapat 5 zona permintaan yaitu zona Kota Banjar, zona Batalyon, zona Cipadung, zona Banjar Barat, zona Haurmukti. Berikut Tabel 2 jumlah permintaan air bersih setiap wilayah zona permintaan.

TABEL II
 DATA PERMINTAAN AIR BERSIH SETIAP ZONA

NO	ZONA PERMINTAAN	JUMLAH PERMINTAN (M ³ /HARI)
1	Z.KOTA BANJAR	4.497
2	Z.BATALYON	429
3	Z.CIPADUNG	256
4	Z.BANJAR BARAT	2.656
5	Z.HAURMUKTI	408
TOTAL		8.246

SUMBER: IPA PURWAHARJA, 2022

Pada Tabel 2 terdapat jumlah permintaan air bersih setiap wilayah dimana permintaan ini harus selalu terpenuhi setiap harinya, dimana terdapat 5 zona permintaan yang ada di IPA Purwaharja yaitu zona Kota Banjar dengan jumlah permintaan sebesar 4.497 m³/hari, zona Batalyon dengan jumlah permintaan sebesar 429 m³/hari, zona Cipadung dengan jumlah permintaan sebesar 256 m³/hari, zona Banjar Barat dengan jumlah permintaan sebesar 2.656 m³/hari, zona Haurmukti dengan jumlah permintaan sebesar 408 m³/hari, dari seluruh zona permintaan yang ada di IPA Purwaharja didapatkan total permintaan yaitu sebesar 8.246 m³/hari dimana jumlah permintaan ini dapat terpenuhi.

Pada penelitian ini masalah yang timbul ialah mengenai biaya pendistribusian air bersih yang cukup besar, oleh sebab itu perlu dilakukan optimalisasi pendistribusian air bersih dengan cara menggunakan metode transportasi dengan tujuan untuk meminimasi biaya operasional pendistribusian air bersih di IPA Purwaharja. Pada penyelesaian optimalisasi pendistribusian air bersih ini digunakan metode transportasi dimana metode ini bertujuan untuk membuat biaya menjadi maksimal atau minimal, pada penelitian ini metode transportasi digunakan untuk meminimalkan biaya operasional pendistribusian air bersih di IPA Purwaharja. Penelitian ini menggunakan tiga metode dalam mencari solusi awal. Ketiga metode ini adalah Metode *North West Corner*, Metode *Least Cost* dan Metode *Vogel's Approximation (VAM)*. Penggunaan ketiga metode ini bertujuan untuk membandingkan dan mencari solusi awal yang paling optimal. Metode untuk mencari solusi optimum yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode *Stepping Stone*.

II. LANDASAN TEORI

1. Sistem Distribusi Air Bersih

Menurut Damanhuri, sistem distribusi adalah sistem yang langsung berhubungan dengan konsumen, yang mempunyai fungsi pokok mendistribusikan air yang telah memenuhi syarat ke seluruh daerah pelayanan. Komponen sistem ini meliputi sistem perpipaan dan *reservoir* distribusi [1]. Sistem distribusi air minum merupakan satu komponen yang menentukan keberhasilan kinerja SPAM. Menurut SNI 7509:20 jaringan distribusi adalah rangkaian sistem perpipaan untuk mendistribusikan air minum dari *Reservoir* distribusi ke konsumen. Sistem distribusi air minum diawali dari *reservoir* distribusi yang menampung air dari instalasi pengolahan atau sumber air yang dialirkan melalui sebuah sistem perpipaan langsung ke konsumen. Sistem distribusi dibantu oleh pompa untuk mendorong air dari sumber yang memiliki elevasi lebih rendah dari daerah layanan. Selain itu sistem distribusi didukung oleh komponen lain untuk mengelola sistem supaya berjalan dengan baik, seperti katup-katup, *balancing reservoir*, meter air, jembatan pipa, shayon, hydran dan lain sebagainya.

2. Transportasi

Pada umumnya, masalah transportasi berhubungan dengan distribusi suatu produk tunggal dari beberapa sumber, dengan penawaran terbatas, menuju beberapa tujuan, dengan permintaan tertentu, pada biaya distribusi minimum. Karena hanya ada satu macam barang, suatu tempat tujuan dapat memenuhi permintaannya dari satu atau lebih sumber. Transportasi adalah masalah pendistribusian sejumlah produk atau komoditas dari beberapa sumber distribusi (*supply*) kepada beberapa daerah tujuan (*demand*) dengan berpegang pada prinsip biaya distribusi. Selain untuk mencari biaya distribusi minimal, permodelan transportasi juga dapat digunakan untuk mencari perolehan/pendapatan maksimal dari strategi distribusi komoditi yang mempunyai keuntungan tertentu [2]. Persoalan transportasi membahas masalah pendistribusian suatu komoditas atau produk dari sejumlah sumber (*supply*) kepada sejumlah tujuan (*demand*), dengan tujuan mengoptimalkan ongkos pengangkutan yang terjadi [3]. Ciri – ciri khusus persoalan transportasi ini adalah:

- a. Terdapat sejumlah sumber dan sejumlah tujuan tertentu.
- b. Kuantitas komoditas atau barang yang didistribusikan dari setiap sumber dan yang diminta oleh setiap tujuan, besarnya tertentu.

- c. Komoditas yang dikirim atau diangkut dari suatu sumber ke suatu tujuan, besarnya sesuai dengan permintaan dan atau kapasitas sumber
- d. Ongkos pengangkutan komoditas dari suatu sumber ke suatu tujuan, besarnya tertentu.

3. Prosedur Penyelesaian Metode Transportasi

Dalam penyelesaian kasus transportasi, Langkah-langkah untuk penyelesaian dengan menggunakan metode transportasi adalah sebagai berikut: (a) Langkah pertama di dalam metode transportasi adalah menyusun matriks transportasi. Langkah ini merupakan kunci keberhasilan kita dalam Menyusun langkah berikutnya. Matriks transportasi menunjukkan sumber dari mana barang berasal dan kemana tujuan dikirim, (b) Langkah berikutnya adalah menyusun tabel awal. Pada tabel awal diisikan informasi biaya transportasi atau jarak dari suatu sumber ke suatu tujuan tertentu, besar kapasitas sumber, dan besar permintaan. Pada langkah ini, harus dipastikan bahwa besar kapasitas harus sama (seimbang) dengan besar permintaan. Apabila terdapat ketidakseimbangan maka harus dibuat sel dummy yang berisi besarnya ketidakseimbangan antara penawaran dan permintaan. Sel dummy dapat berupa sel baris atau sel kolom, dan (c) Langkah ketiga adalah melakukan pengalokasian berdasarkan beberapa metode yang ada. antara lain North west Corner method least cost, integer programming, dynamic programming, Vogel approximation method (VAM), dan lain-lain.

4. Menentukan Solusi Fisibel Basis Awal

Yang dimaksud dengan menentukan solusi fisibel basis awal adalah solusi perantara yang belum menunjukkan solusi optimal. Sedangkan untuk mendapatkan solusi optimal harus dilakukan tahapan lanjut yang sama sekali berbeda dengan tahapan seperti tahapan yang telah dilakukan. Pada bentuk umum masalah transportasi di atas, terdapat m kendala penawaran dan n kendala permintaan, keseluruhannya terdapat $m + n$ kendala. Kondisi keseimbangan memberikan kenyataan bahwa jika $m + n - 1$ kendala terpenuhi kemudian $m + n$ persamaan juga akan terpenuhi. Hanya terdapat $m + n - 1$ persamaan *independent*. Sehingga, solusi awal hanya memiliki $m + n - 1$ variabel. Mencari solusi awal dapat dilakukan dengan metode-metode sebagai berikut [4]:

a. Metode *North West Corner*

Metode ini adalah yang paling sederhana di antara tiga metode yang telah disebutkan untuk mencari solusi awal. Langkah-langkahnya diringkas seperti berikut : (1) Mulai pada pojok barat laut tabel dan alokasikan sebanyak mungkin pada X_{11} tanpa menyimpang dari kendala penawaran atau permintaan (artinya X_{11} ditetapkan sama dengan yang terkecil di antara nilai S_1 dan D_1), (2) Ini akan menghabiskan penawaran pada sumber 1 dan atau permintaan pada tujuan 1. Akibatnya, tak ada lagi barang yang dapat dialokasikan ke kolom atau baris yang telah dihabiskan dan kemudian baris atau kolom itu dihilangkan. Kemudian alokasikan sebanyak mungkin ke kotak di dekatnya pada baris atau kolom yang tak dihilangkan. Jika baik kolom maupun baris telah dihabiskan, pindahlah secara diagonal ke kotak berikutnya, dan (3) Lanjutkan dengan cara yang sama sampai semua penawaran telah dihabiskan dan keperluan permintaan telah dipenuhi.

b. Metode *Least Cost*

Prosedurnya adalah sebagai berikut. Berikan nilai setinggi mungkin pada variabel dengan biaya unit terkecil dalam keseluruhan tabel. (Beberapa biaya unit yang sama dipilih secara sembarang). Silang baris atau kolom yang dipenuhi. (Seperti dalam metode sudut barat laut, jika baik kolom maupun baris dipenuhi secara berbarengan, hanya satu yang disilang). Setelah menyesuaikan penawaran dan permintaan untuk semua baris dan kolom yang belum disilang, ulangi proses dengan memberikan nilai setinggi mungkin pada variabel dengan biaya unit terkecil yang belum disilang. Prosedur ini diselesaikan ketika tepat satu baris atau satu kolom belum disilang.

c. Metode Vogel (*Vogel's Approximation Method*)

Metode ini merupakan sebuah heuristik dan biasanya memberikan pemecahan awal yang lebih baik daripada metode barat laut atau metode biaya terendah. Pada kenyataannya, *Vogel's* umumnya menghasilkan pemecahan awal yang optimum, atau dekat dengan optimum [5]. Metode VAM lebih sederhana penggunaannya, karena tidak memerlukan *closed path*. Metode VAM dilakukan dengan cara mencari selisih biaya terkecil dengan biaya terkecil berikutnya untuk setiap kolom maupun baris. Kemudian pilih selisih biaya terbesar dan alokasikan produk sebanyak mungkin ke sel yang memiliki biaya terkecil. Cara ini dilakukan secara berulang hingga semua produk sudah dialokasikan [6].

5. Menentukan Solusi Optimum

Setelah tabel fisibel awal terbentuk, maka langkah selanjutnya adalah menguji apakah tabel fisibel awal sudah optimum atau belum, Metode yang dapat digunakan adalah *Stepping Stone* dan MODI [6].

a. Metode *Stepping-Stone*

Penggunaan metode *stepping stone* dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Uji apakah nilai sel non basis memiliki nilai ≥ 0 dengan cara membuat *Close Pert* untuk setiap sel non basis.
- b. Tanda yang digunakan dalam membuat jalur tertutup selalu bergantian dimulai dari posisi (+) kemudian negative (-) sampai pada sel non basis semula.
- c. Lakukan perhitungan alokasi baru untuk sel non basis yang bernilai negative terbesar.
- d. Ulangi Langkah pengujian ini sampai didapatkan semua nilai sel non basis bernilai ≥ 0 (optimum)

b. Metode MODI

Langkah-langkah metode MODI adalah sebagai berikut :

- a. Tentukan tabel fisibel awal
- b. Tambahkan variable R_i dan K_j pada setiap baris dan kolom
- c. Cari nilai R_i maupun K_j untuk setiap sel basis dengan rumus $R_i + K_j = C_{ij}$ dengan memisalkan salah satu nilai R_i atau K_j sama dengan nol.
- d. Hitung semua nilai sel non basis dengan rumus $C_{ij} - R_i - K_j$
- e. Lakukan perhitungan alokasi baru untuk sel non basis yang bernilai negative terbesar dengan membuat *close pert*.
- f. Tabel optimum tercapai jika semua sel non basis bernilai ≥ 0
- g. Jika tabel belum optimum, ulangi langkah 2 sehingga ditemukan tabel optimum

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

1. Sistem Pendistribusian Air di PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar

Sistem jaringan induk distribusi dalam sistem penyediaan air minum ini terdapat sistem melingkar, cabang dan kombinasi. Sistem melingkar menunjukkan jaringan pipa induk distribusi yang saling berhubungan satu dengan yang lain membentuk lingkaran. Pada sistem melingkar tidak terdapat pipa mati sehingga air akan mengalir ke suatu titik yang dapat melalui beberapa arah. Sistem ini biasanya diterapkan pada daerah dengan jaringan jalan yang berhubungan dengan keadaan topografi yang relatif datar. Sistem cabang berbeda dengan sistem melingkar. Air mengalir dari satu arah menuju ujung pipa akhir daerah pelayanan di titik akhir. Sistem ini biasanya digunakan pada daerah dengan sifat perkembangan kota kearah memanjang, sarana jaringan jalan tidak saling berhubungan dan keadaan topografi dengan kemiringan medan menuju satu arah [7]. Sistem jaringan induk distribusi PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar menggunakan sistem jaringan kombinasi yang merupakan gabungan dari sistem melingkar dan cabang.

Sistem pelayanan pendistribusian air di PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar menjadi tanggung jawab utama Bagian Terknik, terutama Divisi Produksi dan Divisi Distribusi. Divisi Produksi bertanggung jawab atas terpenuhinya kebutuhan *supply* air. Divisi Distribusi bertanggung jawab atas pendistribusian air bersih kepada para pelanggan dan bertanggung jawab atas perawatan pipa distribusi air supaya terus berjalan dengan normal, bertanggung jawab terhadap pemasangan pipa baru dan pencopotan pipa pelanggan. PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar memiliki 1 sumber air alami yaitu dari sungai Citanduy. Untuk sumber air di IPA Purwaharja berasal dari sungai Citanduy dengan jumlah volume air baku sebesar 9.480 m³/hari yang dapat diolah di IPA Purwaharja. Reservoir atau tandon adalah sebuah bangunan perantara antara sumber dan zona permintaan yang berperan sebagai tempat penampungan air bersih yang telah diproses dan siap didistribusikan kepada pelanggan. Penyediaan reservoir ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan total pelanggan dengan aliran 24 jam serta tempat penyimpanan apabila ada kelebihan air. Kualitas air yang ada di dalam reservoir juga dicek secara berkala. Berikut Tabel 3 menunjukkan Reservoir yang ada di IPA Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar.

TABEL III
 DAFTAR RESERVOIR DI IPA PURWAHARJA

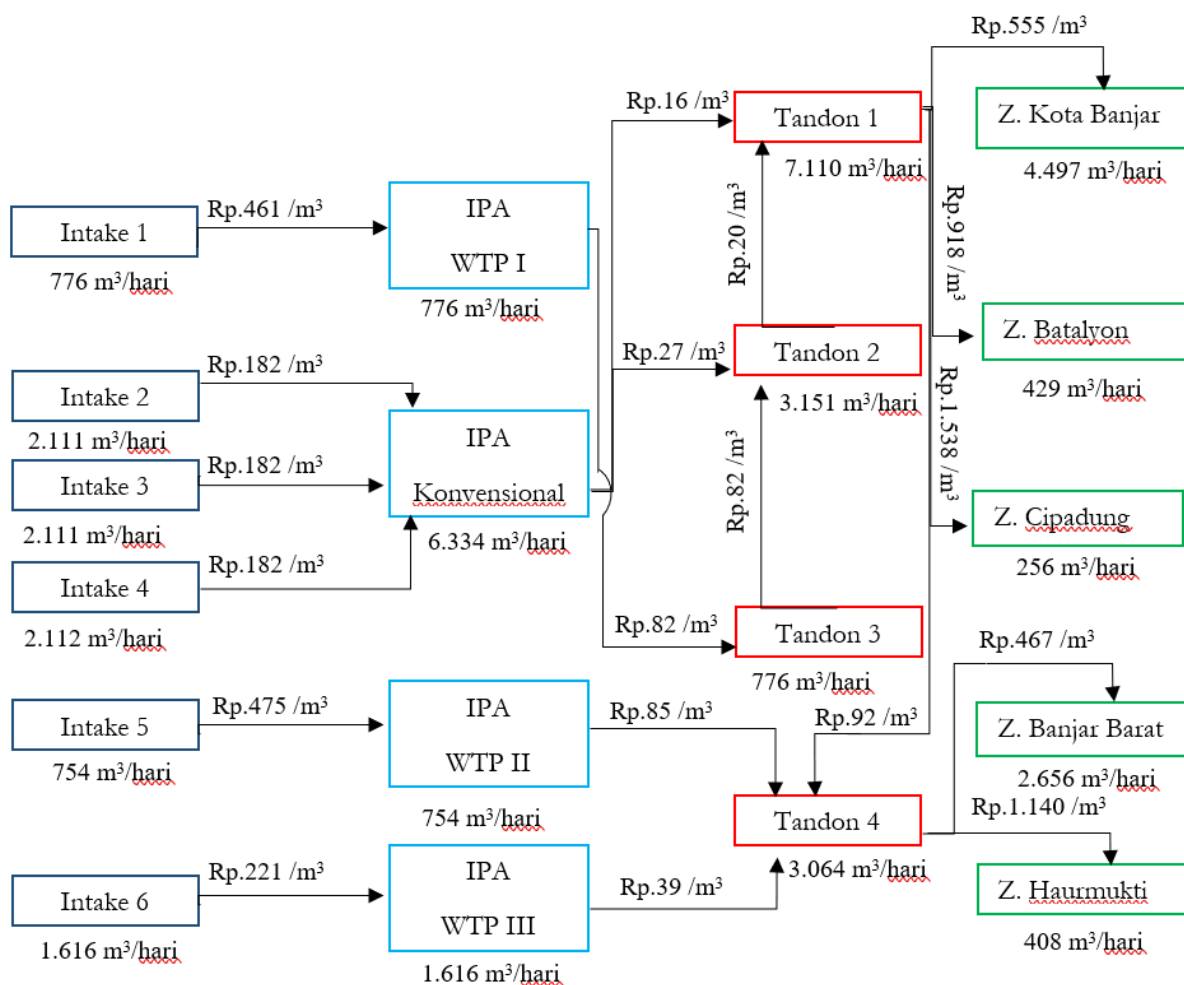
NO	NAMA RESERVOIR	KAPASITAS
1	TANDON 1	250 M ³
2	TANDON 2	150 M ³
3	TANDON 3	100 M ³
4	TANDON 4	500 M ³

SUMBER: IPA PURWAHARJA, 2022

Pada Tabel 3 diatas yaitu daftar reservoir di IPA Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar, jumlah reservoir yang ada di IPA Purwaharja berjumlah 4 reservoir yaitu Tandon 1, Tandon 2, Tandon 3, dan Tandon 4 dengan masing-masing kapasitas daya tampung yang berbeda-beda. Jalur pendistribusian air bersih pada IPA Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar digambarkan di dalam diagram skematik. Diagram skematik menggambarkan aliran air yang berasal dari intake menuju unit produksi setelah itu dialirkan menuju tandon setelah itu air siap di distribusikan ke zona permintaan masing-masing. Sistem jaringan pendistribusian air ini dipermudah

dengan pembentukan zona permintaan. Pembentukan zona memiliki tujuan untuk dapat mengontrol dan mengetahui keluar masuknya air dalam suatu sistem, sehingga apabila terjadi kehilangan air dapat dengan mudah dilakukan pelacakan dan segera dilakukan penanganan. Semakin baik penanganan kehilangan air atau kebocoran maka akan mengurangi tingkat kehilangan air.

Zona permintaan ini dibagi kembali menjadi sub zona yang disebut Distrik Meter Area (DMA) yang melayani pelanggan 2500-5000 pelanggan. Setiap DMA dilengkapi dengan meter air untuk mengetahui keluar dan masuknya air serta valve untuk menciptakan sistem jaringan distribusi yang dapat diisolasi, sehingga penanganan kehilangan air lebih mudah. Pembentukan DMA ini berdasarkan letaknya yang berdekatan dengan sumber atau tandon serta berdasarkan ciri topografis yang mudah terlihat. Ciri topografis berupa sungai, saluran pembuangan air, jalan raya ataupun jalan kereta api menjadi pembatas antar DMA. Berikut Gambar 1 Diagram Skematik di bawah ini yang akan menggambarkan alur pendistribusian air bersih di IPA Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar, beserta biaya pengiriman per hari. Terlihat beberapa sumber dan tujuan yang ada dimana terdapat beberapa sumber dan tujuan yang memiliki 2 peran sekaligus yaitu sebagai sumber dan sebagai tujuan diantaranya adalah IPA dan Tandon yang ada. Biaya pendistribusian pada diagram skematik ini memiliki biaya yang berbeda-beda dimana biaya tersebut dihitung per meter kubiknya.



SUMBER: IPA PURWAHARJA, 2022

Gambar 1. Diagram Skematik Pendistribusian Air Bersih Di IPA Purwaharja

2. Biaya Operasional Pendistribusian Air

Terdapat tiga jenis biaya yang dibutuhkan dalam proses pendistribusian air yang berasal dari sumber menuju wilayah tujuan. Ketiga biaya ini antara lain:

a. Biaya Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja adalah biaya yang dikeluarkan sebagai upah tenaga kerja. Pada proses pendistribusian air di IPA Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar, biaya tenaga kerja dihitung berdasarkan upah tenaga kerja yang ditugaskan untuk menjaga intake, unit produksi, tandon, dan pompa-poma yang ada di IPA Purwaharja. Upah tenaga kerja di IPA Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar per bulannya sebesar Rp.33.051.926 atau Rp.1.101.730 per hari. Upah ini didasarkan pada perhitungan 8 jam kerja selama satu hari.

b. Biaya Energi

Biaya energi adalah biaya yang dibutuhkan untuk penggunaan energi selama proses pendistribusian air. Energi yang dimaksud di dalam proses pendistribusian air di IPA Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar adalah energi listrik yang digunakan untuk mengoperasikan pompa. Setiap pompa memiliki biaya listrik yang berbeda. Biaya listrik yang dikeluarkan setiap pompa per hari dirincikan pada Tabel 4 dibawah ini. biaya listrik dari setiap rumah pompa distribusi dan pompa transfer dengan masing-masing biaya energi listrik yang berbeda-beda dengan jumlah total biaya listrik yang dikeluarkan adalah sebesar Rp.6.518.901 per harinya.

TABEL IV
 BIAYA LISTRIK RUMAH POMPA DISTRIBUSI DAN POMPA TRANSFER

NO	RUMAH POMPA	BIAYA LISTRIK/HARI
1	KOTA BANJAR	RP.2.434.586
2	BATALYON DAN CIPADUNG	RP.659.922
3	BANJAR BARAT DAN HAURMUKTI	RP.1.578.443
4	INTAKE 1,2,3,4	RP.1.257.374
5	INTAKE 5,6	RP.588.576

SUMBER: IPA PURWAHARJA, 2022

3. Biaya Perawatan Pipa

Pipa menjadi jalur transportasi yang dilewati oleh air di dalam proses pendistribusian air yang berasal dari sumber menuju wilayah tujuan. Kondisi pipa menjadi salah penentu kelancaran proses transportasi air. Anggaran biaya perawatan pipa yang terdapat di IPA Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar sebesar Rp.3.300.000 per bulan atau Rp.110.000 per hari. Biaya ini dianggarkan untuk perawatan pipa. Ketiga biaya ini dijumlahkan untuk mengetahui besarnya biaya pendistribusian air di IPA Purwaharja per hari, sehingga biaya operasional pendistribusian air per hari yang telah diketahui dibagi dengan besarnya m^3 air yang dihasilkan setiap sumber maupun tandon. IPA Purwaharja memiliki pengeluaran pendistribusian air sebesar Rp.7.730.631 per harinya. Pengeluaran ini dirincikan pada Tabel 5 dibawah ini:

TABEL V
 RINCIAN PENGELUARAN PENDISTRIBUSIAN AIR DI IPA PURWAHARJA

NO	RINCIAN BIAYA	JUMLAH
1	BIAYA TENAGA KERJA	RP.1.101.730
2	BIAYA ENERGI	RP.6.518.901
3	BIAYA PERAWATAN PIPA	RP.110.000
TOTAL BIAYA		RP.7.730.631

SUMBER: IPA PURWAHARJA, 2022

4. Pengolahan Data

Tahap awal pengolahan data yang dilakukan adalah mencari solusi awal dari persoalan ini menggunakan menggunakan 3 metode awal yaitu Metode *North West Corner* (NWC), Metode *Least Cost* (LC) dan Metode *Vogel's Approximation* (VAM). Penggunaan ketiga metode ini bertujuan untuk membandingkan dan mencari solusi awal yang paling optimal. Setelah tabel awal telah didapat, langkah selanjutnya mencari solusi optimum dengan menggunakan Metode *Stepping Stone*. Untuk membantu dalam pengolahan data, pada penelitian ini menggunakan aplikasi aplikasi POM – QM *for Windows*.

a. Tabel Transportasi Pendistribusian Air di IPA Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar

Metode transportasi digunakan untuk menyelesaikan persoalan pendistribusian suatu komoditas dari sejumlah sumber kepada sejumlah tujuan dengan tujuan meminimalkan ongkos transportasi. Parameter-parameter yang dipakai dalam model transportasi pendistribusian air di IPA Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar adalah biaya pendistribusian air dari sumber intake menuju unit produksi, dari unit produksi dilanjutkan menuju tandon setelah itu dilanjutkan kembali dari tandon menuju zona permintaan, nilai permintaan

di setiap tujuan dan nilai ketersediaan air dari setiap sumber. Adapun table transportasi pendistribusioan air di IPA Purwahaerja PERUMDAM Tirta Anom dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini.

TABEL VI
 TABEL TRANSPORTASI DARI SUMBER INTAKE MENUJU ZONA PERMINTAAN
 MELEWATI UNIT PRODUKSI DAN TANDON

	IPA WTP I	IPA KONVENSIONAL	IPA WTP II	IPA WTP III	Tandon 1	Tandon 2	Tandon 3	Tandon 4	Z. Kota Banjar	Z. Batalyon	Z. Cipadung	Z. Banjar Barat	Z. Haumukti	SUPPLY
Intake 1	461	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	776
Intake 2	10000	182	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	2111
Intake 3	10000	182	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	2111
Intake 4	10000	182	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	2112
Intake 5	10000	10000	475	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	754
Intake 6	10000	10000	10000	221	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	1616
IPA WTP I	0	10000	10000	10000	10000	10000	82	10000	10000	10000	10000	10000	10000	776
IPA Konvensional	10000	0	10000	10000	16	27	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	6334
IPA WTP II	10000	10000	0	10000	10000	10000	10000	85	10000	10000	10000	10000	10000	754
IPA WTP III	10000	10000	10000	0	10000	10000	10000	39	10000	10000	10000	10000	10000	1616
Tandon 1	10000	10000	10000	10000	0	10000	10000	92	555	918	1538	10000	10000	7110
Tandon 2	10000	10000	10000	10000	20	0	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	3151
Tandon 3	10000	10000	10000	10000	10000	82	0	10000	10000	10000	10000	10000	10000	776
Tandon 4	10000	10000	10000	10000	10000	10000	0	10000	10000	10000	10000	467	1140	3064
DEMAND	776	6334	754	1616	7110	3151	776	3064	4497	429	256	2656	408	

b. Penentuan tabel fisibel awal menggunakan *Northwest Corner Method*.

Perhitungan alokasi pada tabel transportasi menggunakan metode *Northwest Corner* dimulai dari sel yang berada di pojok kiri atas dan akan berakhir di sel pojok kanan bawah, dengan membandingkan jumlah supply dan demand yang mungkin untuk pengisian alokasi. Pada metode ini tidak mempertimbangkan besarnya biaya per unit. Kriteria yang dituntut adalah sudut kiri atas dan sudut kanan bawah merupakan sel basis. Setelah dilakukan pengolahan data menggunakan metode *Northwest Corner*, didapat hasil solusi awal seperti yang ditunjukkan apada Tabel 7.

TABEL VII
 HASIL SOLUSI AWAL *NORTHWEST CORNER METHOD*

	IPA WTP I	IPA KONVENSIONAL	IPA WTP II	IPA WTP III	Tandon 1	Tandon 2	Tandon 3	Tandon 4	Z. Kota Banjar	Z. Batalyon	Z. Cipadung	Z. Banjar Barat	Z. Haumukti	Dummy
Iteration 1														
Intake 1	776	(19357)	(28882)	(38661)	(38661)	(38661)	(38661)	(48569)	(48106)	(48106)	(48106)	(48106)	(47433)	(38573)
Intake 2	(0)	2111	(19343)	(29122)	(29122)	(29122)	(29122)	(39030)	(38567)	(38567)	(38567)	(38567)	(37894)	(29034)
Intake 3	(0)	2111	(19343)	(29122)	(29122)	(29122)	(29122)	(39030)	(38567)	(38567)	(38567)	(38567)	(37894)	(29034)
Intake 4	(0)	2112	(19343)	(29122)	(29122)	(29122)	(29122)	(39030)	(38567)	(38567)	(38567)	(38567)	(37894)	(29034)
Intake 5	(-9818)	(0)	754	(19304)	(19304)	(19304)	(19304)	(29212)	(28749)	(28749)	(28749)	(28749)	(28076)	(19216)
Intake 6	(-19343)	(-9525)	(0)	1616	(9779)	(9779)	(9779)	(19687)	(19224)	(19224)	(19224)	(19224)	(18551)	(9691)
IPA WTP I	(-19343)	(-19304)	(-9779)	(0)	776	(0)	(-9918)	(9908)	(9445)	(9445)	(9445)	(9445)	(8772)	(-88)
IPA Konvensional	(-19138)	(-19320)	(205)	(9984)	6334	(11)	(9984)	(19892)	(19429)	(19429)	(19429)	(19429)	(18756)	(9896)
IPA WTP II	(-29122)	(-19304)	(-19779)	(0)	(0)	754	(0)	(-7)	(9445)	(9445)	(9445)	(9445)	(8772)	(-88)
IPA WTP III	(-29122)	(-19304)	(-9779)	(-10000)	(0)	1616	(0)	(-53)	(9445)	(9445)	(9445)	(9445)	(8772)	(-88)
Tandon 1	(-29122)	(-19304)	(-9779)	(0)	(-10000)	781	776	3064	2489	(363)	(983)	(9445)	(8772)	(-88)
Tandon 2	(-38567)	(-28749)	(-19224)	(-9445)	(-19425)	(-19445)	(-9445)	(463)	2008	429	256	458	(-673)	(-9533)
Tandon 3	(-38567)	(-28749)	(-19224)	(-9445)	(-19445)	(-19445)	(-9445)	(463)	(0)	(0)	(0)	776	(-673)	(-9533)
Tandon 4	(-29034)	(-19216)	(-9691)	(88)	(88)	(88)	(88)	(-4)	(9533)	(9533)	(9533)	1422	408	1234

c. Penentuan tabel fisibel awal menggunakan *Least Cost Method*

Penentuan alokasi dengan menggunakan Metode *Least Cost* dimulai dengan pengalokasian pada sel yang mempunyai biaya transportasi terkecil, kemudian alokasi selanjutnya pada sel yang mempunyai biaya terkecil berikutnya. Setelah dilakukan pengolahan data dengan menggunakan metode *Least Cost* di dapat hasil solusi awal seperti yang diunjukkan pada Tabel 8.

TABEL VIII
 HASIL SOLUSI AWAL *LEAST COST METHOD*

	IPA WTP I	IPA KONVENSIONAL	IPA WTP II	IPA WTP III	Tandon 1	Tandon 2	Tandon 3	Tandon 4	Z. Kota Banjar	Z. Batalyon	Z. Cipadung	Z. Banjar Barat	Z. Haumukti	Dummy
Iteration 1														
Intake 1	(461)	(9818)	(548)	(9779)	(555)	(9918)	(10000)	(463)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	776
Intake 2	(10000)	(0)	(548)	(9779)	(555)	(9918)	(10000)	(463)	1653	(0)	(0)	(0)	(0)	458
Intake 3	(10000)	(0)	(548)	(9779)	(555)	(9918)	(10000)	(463)	2111	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
Intake 4	(10000)	(0)	(548)	(9779)	(555)	(9918)	(10000)	(463)	733	429	256	694	(0)	(0)
Intake 5	(10000)	(9818)	(-8977)	(9779)	(555)	(9918)	(10000)	(463)	(0)	(0)	(0)	754	(0)	(0)
Intake 6	(10000)	(9818)	(548)	(0)	(555)	(9918)	(10000)	(463)	(0)	(0)	(0)	1208	408	(0)
IPA WTP I	776	(9818)	(548)	(9779)	(555)	(9918)	(82)	(463)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
IPA Konvensional	(10182)	6334	(730)	(9961)	(-9247)	(127)	(10182)	(645)	(182)	(182)	(182)	(182)	(182)	(182)
IPA WTP II	(19452)	(19270)	754	(19231)	(10007)	(19370)	(19452)	(0)	(9452)	(9452)	(9452)	(9452)	(9452)	(9452)
IPA WTP III	(10221)	(10039)	(769)	1616	(716)	(10139)	(10221)	(-9277)	(221)	(221)	(221)	(221)	(221)	(221)
Tandon 1	(19445)	(19263)	(9993)	(19224)	710	(19363)	(19445)	(0)	(0)	(363)	(983)	(9445)	(9445)	(9445)
Tandon 2	(10082)	(9900)	(630)	(9611)	(-9343)	3151	(10082)	(545)	(82)	(82)	(82)	(82)	(82)	(82)
Tandon 3	(10000)	(9818)	(548)	(9779)	(555)	(0)	776	(463)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
Tandon 4	(19537)	(19355)	(10085)	(19316)	(10092)	(19455)	(19537)	3064	(9537)	(9537)	(9537)	(4)	(677)	(9537)

d. Penentuan tabel fisibel awal menggunakan *Vogel's Approximation Method*

Metode *Vogel's Approximation* melakukan alokasi dalam suatu cara yang akan meminimumkan *penalty (opportunity cost)* dalam memilih sel yang digunakan untuk alokasi. Langkah pertama dalam menyelesaikan masalah transportasi menggunakan metode ini adalah dengan menghitung *opportunity cost* untuk setiap baris dan kolom. *Opportunity cost* dihitung dengan mengurangkan nilai terkecil pada baris ataupun kolom tersebut dengan nilai satu tingkat lebih besar pada baris ataupun kolom yang sama. Langkah selanjutnya adalah dengan memilih baris atau kolom dengan biaya *opportunity cost* yang terbesar. Adapun hasil pengolahan data dengan menggunakan Metode *Vogel's Approximation* dapat dilihat pada Tabel 9.

TABEL IX
 HASIL SOLUSI AWAL *VOGEL'S APPROXIMATION METHOD*

	IPA WTP I	IPA KONVENSIONAL	IPA WTP II	IPA WTP III	Tandon 1	Tandon 2	Tandon 3	Tandon 4	Z Kota Banjar	Z Batalyon	Z Cipadung	Z Banjar Barat	Z Haumukti	Dummy
Iteration 1														
Intake 1	296	(9193)	(-625)	(9302)	(9355)	(9375)	(9457)	(9263)	(8800)	(8437)	(7817)	(48)	(-625)	480
Intake 2	(10164)	2111	(0)	(9927)	(9980)	(10000)	(10082)	(9888)	(9425)	(9062)	(8442)	(673)	(0)	(625)
Intake 3	(10164)	2111	(0)	(9927)	(9980)	(10000)	(10082)	(9888)	(9425)	(9062)	(8442)	(673)	(0)	(625)
Intake 4	(10164)	2112	(0)	(9927)	(9980)	(10000)	(10082)	(9888)	(9425)	(9062)	(8442)	(673)	(0)	(625)
Intake 5	(9539)	(9193)	(-10150)	(9302)	(9355)	(9375)	(9457)	(9263)	(8800)	(8437)	(7817)	(48)	(-625)	754
Intake 6	(10016)	(9670)	(-148)	1616	(9832)	(9852)	(9934)	(9740)	(9277)	(8914)	(8294)	(525)	(-148)	(477)
IPA WTP I	480	(9654)	(-164)	(9763)	(9816)	(9836)	296	(9724)	(9261)	(8898)	(8278)	(509)	(-164)	(461)
IPA Konvensional	(10168)	(-178)	(4)	(9931)	6334	(31)	(10086)	(9892)	(9429)	(9066)	(8446)	(677)	(4)	(629)
IPA WTP II	(20164)	(19818)	754	(19927)	(19980)	(20000)	(20082)	(9973)	(19425)	(19062)	(18442)	(10673)	(10000)	(10625)
IPA WTP III	(10237)	(9891)	(73)	(0)	(10053)	(10073)	(10155)	1616	(9498)	(9135)	(8515)	(746)	(73)	(698)
Tandon 1	(10184)	(9838)	(20)	(9947)	480	(10020)	(10102)	1448	4497	429	256	(693)	(20)	(645)
Tandon 2	(10164)	(9818)	(0)	(9927)	296	2855	(10082)	(9888)	(9425)	(9062)	(8442)	(673)	(0)	(625)
Tandon 3	(10082)	(9736)	(-82)	(9645)	(9898)	296	480	(9806)	(9343)	(8980)	(8360)	(591)	(-82)	(543)
Tandon 4	(19024)	(18678)	(8860)	(18787)	(18840)	(18860)	(18942)	(8748)	(18285)	(17922)	(17302)	2656	408	(9485)

e. Penentuan Solusi Optimum menggunakan metode *Stepping Stone*

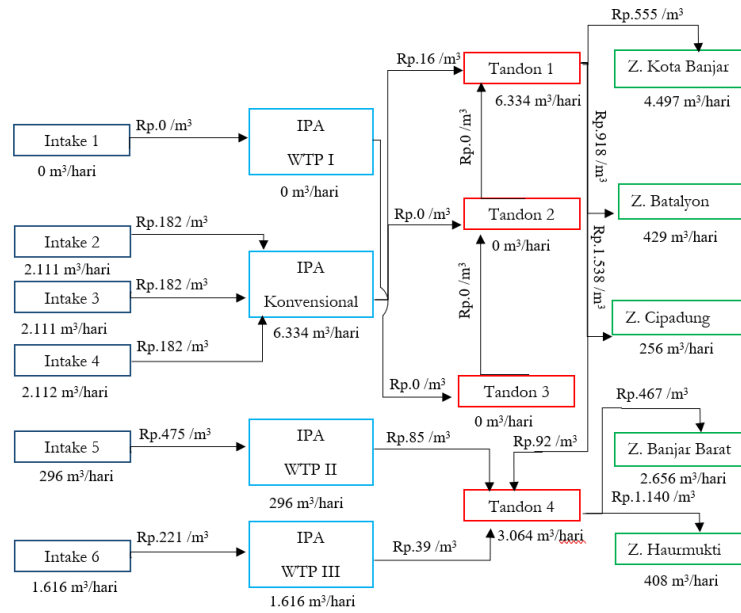
Setelah didapatkan tabel fisibel awal, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian dengan menggunakan Metode *Stepping Stone* untuk mencari solusi optimum. Berdasarkan tabel awal yang sudah dihitung sebelumnya, uji apakah nilai sel non basis (sel yang tidak menerima alokasi) memiliki nilai ≥ 0 . Pengujian ini dilakukan dengan cara membuat "close pert" atau jalur tertutup setiap sel bukan basis. Adapun solusi optimum hasil pengujian menggunakan metode *stepping stone* dapat dilihat pada Tabel 8 dengan total biaya sebesar Rp.6.934.893.

TABEL 8
 HASIL SOLUSI OPTIMUM MENGGUNAKAN METODE *STEPPING STONE*

solution value = \$6934893	IPA WTP I	IPA KONVENSIONAL	IPA WTP II	IPA WTP III	Tandon 1	Tandon 2	Tandon 3	Tandon 4	Z Kota Banjar	Z Batalyon	Z Cipadung	Z Banjar Barat	Z Haumukti	Dummy
Intake 1	0												0	776
Intake 2		2111												
Intake 3		2111												
Intake 4		2112											0	
Intake 5			296											458
Intake 6				1616										
IPA WTP I	776						0							
IPA Konvensional					6334	0								
IPA WTP II			458				296							
IPA WTP III				0			1616							
Tandon 1					776				1152	4497	429	256		
Tandon 2						3151								
Tandon 3							776							
Tandon 4												2656	408	

5. Jalur Baru Pendistribusian Air di IPA Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar

Penyelesaian masalah transportasi menggunakan metode *Stepping Stone* berhasil membentuk jalur distribusi baru yang lebih efisien, dimana jalur baru ini tidak jauh berbeda dengan jalur lama hanya saja terdapat beberapa perubahan. Beberapa jalur baru dari hasil penelitian yang telah dilakukan dipilih satu yang paling mirip dengan jalur pendistribusian yang ada di IPA Purwaharja, Pemilihan ini bertujuan untuk mempermudah PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar dalam melakukan penyesuaian terhadap jalur baru pendistribusian air. Berikut jalur baru pendistribusian air bersih di IPA Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar pada Gambar 2 dibawah ini.



SUMBER: DATA DIOLAH, 2022

Gambar 2. Jalur Baru Pendistribusian Air Bersih Di Ipa Purwaharja Perumdama Tirta Anom Kota Banjar

Pada gambar diatas terdapat beberapa perubahan diantaranya Intake 1, IPA WTP I, Tandon 2 dan Tandon 3 tidak beroperasi lagi atau diistirahatkan karena terjadinya kelebihan kapasitas produksi air dimana hal ini dapat membuat biaya operasional pendistribusian air bersih tidak optimal atau terdapat pemborosan, selain itu juga intake 5 mengalami pengurangan jumlah kapasitas produksi untuk menyesuaikan dengan jumlah permintaan setiap wilayah tujuan. Berikut tabel rincian biaya distribusi air bersih yang optimal dari sumber menuju ke tujuan dapat dilihat pada Tabel 10 dibawah ini.

TABEL X
 RINCIAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DI IPA PURWAHARJA PERUMDAM TIRTA ANOM KOTA BANJAR

SUMBER	TUJUAN	JUMLAH AIR (M ³)	TOTAL BIAYA
INTAKE 2	IPA KONVENSIONAL	2111	RP.384.202
INTAKE 3	IPA KONVENSIONAL	2111	RP.384.202
INTAKE 4	IPA KONVENSIONAL	2112	RP.384.384
INTAKE 5	IPA WTP II	296	RP.140.600
INTAKE 6	IPA WTP III	1616	RP.357.136
IPA KONVENSIONAL	TANDON 1	6334	RP.101.344
IPA WTP II	TANDON 4	296	RP.25.160
IPA WTP III	TANDON 4	1616	RP.63.024
TANDON 1	Z.KOTA BANJAR	4497	RP.2.495.835
	Z.BATALYON	429	RP.393.822
	Z.CIPADUNG	256	RP.393.728
	TANDON 4	1152	RP.105.984
TANDON 4	Z.BANJAR BARAT	2656	RP.1.240.352
	Z.HAURMUKTI	408	RP.465.120
TOTAL			RP.6.934.893

Pemecahan masalah distribusi air bersih di IPA Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar dengan menggunakan metode *Stepping Stone* memberikan hasil biaya operasional yang minimum. Biaya operasional pendistribusian air bersih di IPA Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar sebelum menggunakan metode transportasi menghabiskan biaya sebesar Rp.7.730.631 per harinya. Setelah dilakukan penyelesaian menggunakan solusi transportasi, total biaya operasional pendistribusian air per harinya sebesar Rp.6.934.893. Sehingga dapat menurunkan biaya transportasi hingga Rp.795.738 per hari.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan terkait Optimalisasi Distribusi Air Bersih Menggunakan Metode Transportasi pada Instalasi Pengolahan Air Bersih Purwaharja PERUMDAM Tirta Anom Kota Banjar adalah sebagai berikut:

1. Hasil dari solusi awal transportasi pendistribusian air dari sumber intake menuju zona permintaan melewati unit produksi dan tandon dengan menggunakan metode *Northwest Corner*, *Least cost* dan *Vogel's Approximation* kemudian diuji optimalitasnya dengan menggunakan metode *Stepping Stone*, sehingga diperoleh hasil sebesar Rp.6.934.893 per harinya. Sedangkan biaya operasional pendistribusian air bersih sebelum menggunakan metode transportasi sebesar Rp.7.730.631 per harinya. Penyelesaian masalah transportasi ini dapat menurunkan biaya sebesar Rp.795.738 per harinya.
2. Dari solusi optimum yang didapat, maka dapat diusulkan bahwa untuk jalur pendistribusian air bersih ini dapat dilakukan perubahan, dimana titik distribusi Intake 1, IPA WTP I, Tandon 2 dan Tandon 3 dapat diistirahatkan terlebih dahulu untuk mengurangi kelebihan kapasitas produksi air dimana hal ini dapat membuat biaya operasional pendistribusian air bersih menjadi tinggi yaang bersifat pemborosan. Selain itu juga kapasitas di Intake 5 dapat dikurangi untuk menyesuaikan dengan jumlah kebutuhan di setiap wilayah tujuan. Titik distribusi yang ditutup ini sewaktu-waktu dapat dibuka disesuaikan dengan kebutuhan.

REFERENSI

- [1] Tambalean, Tirza Gabriela, Alex Binilang, Fuad Halim. (2018). Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Desa Kolongan Dan Kolongan Satu Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa, Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.10 Oktober 2018 (835-846) ISSN: 2337-6732 835.
- [2] Tumanggor Ali Amran. (2017). Optimasi Biaya Distribusi Barang Dengan Menggunakan Model Transportasi Pada Pt.Bina Agro Nusantara, Fakultas Teknik Industri Sekolah Tinggi Teknologi Industri, Padang.
- [3] Dimiyanti, T, Dimiyanti, A. (2015). Operation Research Model-Model Pengambilan Keputusan, Bandung.
- [4] Mulyono, Sri. (2007). Riset Operasi, Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Depok.
- [5] Taha, Hamdy A. (2002). Operations Research: An Introduction, Seventh Edition. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.
- [6] Yamit, Zulian (2003). Manajemen Kuantitatif untuk Bisnis (Operations Research), BPFE, Yogyakarta.
- [7] Dhayita Windriya. (2020). Pengoptimalan Distribusi Air Bersih Menggunakan Metode Transportasi Pada Perusahaan Daerah Air Minum (Pdam) Tirta Dharma Kota Malang, Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Brawijaya, Malang.