



Optimasi Produksi Air Bersih Pelanggan PT. Air Manado Menggunakan Metode *Goal Programming*

Meyhard Sualang¹, Nelson Nainggolan¹, John S. Kekenusa^{1*}

¹Program Studi Matematika–Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam–Universitas Sam Ratulangi Manado, Indonesia

*Corresponding author: johnskekenusa@yahoo.com

ABSTRAK

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat berperan penting untuk kebutuhan dasar sehari-hari, maka dibutuhkan air yang bermutu dan layak digunakan. PT Air Manado merupakan satu-satunya perusahaan untuk menyalurkan air bersih bagi penduduk Kota Manado dan sekitarnya, sehingga dalam memenuhi kebutuhan air bersih dengan batasan yang ada dalam perusahaan maka diperlukan metode dalam mengoptimalkan produksi air bersih. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil produksi air bersih yang optimal agar dapat memenuhi kebutuhan pelanggan dan memberikan keuntungan bagi perusahaan. Dengan menggunakan metode *goal programming* maka didapat hasil optimasi produksi air bersih di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Paal dua sebesar $312.088,046 m^3$, IPA Lotta sebesar $142.663,903 m^3$, IPA Malalayang sebesar $77.053,136 m^3$, IPA Pancuran Sembilan sebesar $62.212,821 m^3$ dan IPA Koka sebesar $11.415,549 m^3$, dengan pendapatan penjualan air bersih sebesar Rp 4.239.479.087,00

INFO ARTIKEL

Diterima : 26 Februari 2018

Diterima setelah revisi : 9 Maret 2018

Tersedia online : 31 Maret 2018

Kata Kunci :

Air

PT. Air Manado,

Optimasi,

Goal Programming.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat berperan penting bagi makhluk hidup. Tanpa adanya air kelangsungan hidup dari makhluk hidup akan berakhir. Bagi manusia air diperlukan untuk kebutuhan dasar sehari-hari misalnya untuk: minum, mandi, memasak, mencuci, keperluan kebersihan lingkungan, dan sebagainya. Untuk memenuhi kebutuhan dasar tersebut maka manusia memerlukan air bersih, yaitu air yang bermutu dan layak digunakan.

Air tawar di bumi hanya 3% dari total keseluruhan air, 97% lainnya adalah air laut dan dua per tiga dari 3% air tawar merupakan bongkahan es di Kutub [1]. Berdasarkan laporan yang dikeluarkan direktorat Jendral Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), hampir 68% mutu air sungai di Indonesia dalam status tercemar [2]. Itu artinya hanya sebagian kecil saja air yang bisa langsung digunakan untuk kebutuhan manusia.

Menurut data BPS 2017, laju pertumbuhan penduduk Indonesia mencapai 1,36%. Khususnya di Kota Manado jumlah penduduk tahun 2011 tercatat sebanyak 415.114 jiwa dan pada tahun 2016 tercatat

sebanyak 427.906 jiwa [3]. Dengan semakin meningkatnya pertumbuhan penduduk maka semakin besar pula volume air yang diperlukan.

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan salah satu unit usaha milik daerah yang bergerak dalam distribusi air bersih bagi masyarakat umum. PDAM terdapat di setiap Provinsi, Kabupaten, dan Kota di seluruh Indonesia. PDAM merupakan perusahaan daerah sebagai sarana penyedia air bersih yang diawasi dan dimonitori oleh aparat eksekutif maupun legislatif. Di Kota Manado, PT. Air Manado sebagai Perusahaan Daerah Air Minum yang memiliki hak monopoli atas air, untuk dimanfaatkan bagi kepentingan umum, maka PT. Air Manado harus mampu memenuhi kebutuhan air bersih bagi penduduk Kota Manado.

Untuk memenuhi kebutuhan air bersih bagi penduduk Kota Manado serta mendapatkan keuntungan pendapatan bagi perusahaan, maka diperlukan suatu metode dalam mengoptimalkan produksi air bersih. Salah satu metode dalam *Operations Research* yang dapat menyelesaikan masalah tersebut adalah metode *goal programming*.

Metode *goal programming* merupakan suatu teknik dalam mengambil keputusan untuk menganalisis dan membuat solusi persoalan yang melibatkan banyak tujuan sehingga diperoleh hasil yang optimal [4].

Beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya adalah : optimasi pendistribusian raskin dengan menggunakan metode *goal programming* [5]. optimasi pendistribusian air menggunakan metode *Least Cost* dan metode *Modified Distribution* [6]. Menggunakan model *fuzzy goal programming* yang diselesaikan dengan *linier programming* pada perencanaan produksi [7].

Dalam penelitian ini akan dilakukan optimasi produksi air bersih dalam memenuhi kebutuhan pelanggan PT. Air Manado dengan keuntungan perusahaan maksimum menggunakan metode *goal programming*.

2. GOAL PROGRAMMING

Linear programming merupakan suatu teknik perencanaan yang bersifat analisis, yang analisisnya menggunakan model matematis, dengan tujuan menemukan beberapa kombinasi alternatif pemecahan optimum terhadap persoalan[8]. *Goal programming* adalah pengembangan dari *linear programming* dengan lebih dari satu fungsi tujuan.

Ide dasar dalam *goal Programming* adalah untuk menetapkan suatu tujuan yang dinyatakan dengan angka tertentu untuk setiap tujuan, merumuskan suatu fungsi tujuan untuk setiap tujuan dan kemudian mencari penyelesaian yang meminimumkan jumlah (tertimbang) dari penyimpangan-penyimpangan fungsi-fungsi tujuan terhadap tujuan masing-masing [9].

2.1. Fungsi Tujuan Goal Programming

Setiap model linear goal programming paling sedikit terdiri dari tiga fungsi tujuan yaitu [4].

$$\text{Meminimumkan } Z = \sum_{i=1}^m d_i^- + d_i^+ \quad (1)$$

Fungsi tujuan ini digunakan jika variabel simpangan dalam suatu masalah tidak dibedakan menurut prioritas atau bobot.

$$\text{Meminimumkan } Z = \sum_{i=1}^m P_k(d_i^- + d_i^+) \quad (2)$$

Fungsi tujuan ini digunakan dalam suatu masalah dengan urutan tujuan diperlukan tetapi variabel simpangan didalam setiap tingkat prioritas memiliki kepentingan yang sama.

$$\text{Meminimumkan } Z = \sum_{i=1}^m W_{ki}P_k(d_i^- + d_i^+) \quad (3)$$

Fungsi tujuan ini, tujuan-tujuan diurutkan dan variabel simpangan pada setiap tingkat prioritas dibedakan dengan menggunakan bobot yang berlainan

2.2. Fungsi Kendala

Terdapat enam jenis kendala tujuan yang berlainan maksud setiap jenis kendala itu ditentukan oleh hubungannya dengan fungsi tujuan [10].

Kendala Tujuan	Variabel Simpangan dalam fungsi tujuan	Kemungkinan Simpangan	Penggunaan Nilai RHS yang diinginkan
$a_{ij}x_j + d_i^- = b_i$	d_i^-	Negatif	$= b_i$
$a_{ij}x_j - d_i^+ = b_i$	d_i^+	Positif	$= b_i$
$a_{ij}x_j + d_i^- - d_i^+ = b_i$	d_i^-	Negatif dan Positif	b_i atau lebih
$a_{ij}x_j + d_i^- - d_i^+ = b_i$	d_i^+	Negatif dan Positif	b_i atau kurang
$a_{ij}x_j + d_i^- - d_i^+ = b_i$	d_i^- dan d_i^+	Negatif dan Positif	$= b_i$
$a_{ij}x_j - d_i^+ = b_i$	d_i^+ (artf)	Tidak ada	$= b_i$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama empat bulan pada bulan oktober 2017 sampai Januari 2018. Pengambilan data dilaksanakan di *Finance & Accounting Departemen* PT Air Manado, dan analisis data dilaksanakan di Jurusan Matematika FMIPA Unsrat.

3.2. Tahapan Penelitian

- Pengumpulan Data
- Pengolahan Data
- Memformulasikan Model *Goal Programming*
- Mendapatkan Hasil Optimasi *Goal Programming*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dibutuhkan untuk pembentukan model *goal programming* dalam mengoptimalkan produksi air bersih

Tabel 1. Hasil Perhitungan Tingkat Permintaan Air Bersih Periode Mei 2018 (m^3)

Jenis Pelanggan	IPA				
	Paal Dua	Lotta	Malalayang	Pancuran Sembilan	Koka
Rumah Sederhana	209394,106	125578,482	49542,056	57852,752	10726,596
Tempat Ibadah	3538,464	1668,544	546,592	747,968	201,376
Sekolah	863,170	249,865	113,575	204,435	68,145
Panti Asuhan & Yayasan Sosial	608,080	386,960	221,120	138,200	27,640
Instansi Pemerintah & ABRI tingkat Provinsi/ Pusat	12929,136	6072,776	6464,568	1371,272	391,792
Instansi Pemerintah & ABRI tingkat Kecamatan/Kelurahan	435,382	145,127	72,564	36,282	
Hidran umum & WC Umum	460,782	102,396	136,528	85,330	
Niaga Kecil	43351,704	4727,448	15221,712	1944,624	
Rumah Mewah & Industri Rumah Tangga	1350,970	229,410	458,820	101,960	
Rumah Sakit	410,998	1232,994	1643,992		
Industri & Niaga besar	20709,658	1373,016	2631,614		
Kelompok Khusus	379,278				

Tabel 2. Hasil Perhitungan Batas Bawah Permintaan Air Bersih Periode Mei 2018 (m^3)

Jenis Pelanggan	IPA				
	Paal Dua	Lotta	Malalayang	Pancuran Sembilan	Koka
Rumah Sederhana	187328,887	112345,460	44321,487	51756,431	9596,265
Tempat Ibadah	2912,270	1373,265	449,863	615,602	165,739
Sekolah	598,500	173,250	78,750	141,750	47,250
Panti Asuhan & Yayasan Sosial	452,510	287,961	164,549	102,843	20,569
Instansi Pemerintah & ABRI tingkat Provinsi/ Pusat	10682,806	5017,682	5341,403	1133,025	323,721
Instansi Pemerintah & ABRI tingkat Kecamatan/Kelurahan	312,316	104,105	52,053	26,026	
Hidran umum & WC Umum	378,000	84,000	112,000	70,000	
Niaga Kecil	39111,081	4265,013	13732,738	1754,403	
Rumah Mewah & Industri Rumah Tangga	1190,041	202,082	404,165	89,814	
Rumah Sakit	232,818	698,455	931,273		
Industri & Niaga besar	12093,268	801,764	1536,714		
Kelompok Khusus	320,000				

Tabel 3. Hasil Perhitungan Batas Atas Permintaan Air Bersih Periode Mei 2018 (m^3)

Jenis Pelanggan	IPA				
	Paal Dua	Lotta	Malalayang	Pancuran Sembilan	Koka
Rumah Sederhana	235224,253	141069,418	55653,396	64989,271	12049,793
Tempat Ibadah	4279,965	2018,195	661,133	904,708	243,575
Sekolah	1293,900	374,550	170,250	306,450	102,150
Panti Asuhan & Yayasan Sosial	838,538	533,615	304,923	190,577	38,115
Instansi Pemerintah & ABRI tingkat Provinsi/ Pusat	16031,117	7529,767	8015,558	1700,270	485,791
Instansi Pemerintah & ABRI tingkat Kecamatan/Kelurahan	638,769	212,923	106,462	53,231	
Hidran umum & WC Umum	618,300	137,400	183,200	114,500	
Niaga Kecil	51016,017	5563,232	17912,816	2288,421	
Rumah Mewah & Industri Rumah Tangga	1497,674	254,322	508,644	113,032	
Rumah Sakit	649,111	1947,333	2596,444		
Industri & Niaga besar	38298,106	2539,101	4866,610		
Kelompok Khusus	444,000				

Tabel 4. Kapasitas Produksi Air Bersih di PT Air Manado

Instalasi Pengolahan Air (IPA)	Kapasitas	
	lt/dt	m^3/bln
Paal Dua	375	972.000
Lotta	150	388.800
Malalayang	120	311.040
Pancuran Sembilan	34	88.128
Koka	20	51.840

Tabel 5. Hasil Prediksi Pendapatan Penjualan Air Bersih

Periode	Pendapatan (Rp)
Jan-18	4.177.466.960
Feb-18	4.192.969.992
Mar-18	4.208.473.023
Apr-18	4.223.976.055
May-18	4.239.479.087
Jun-18	4.254.982.118
Jul-18	4.270.485.150
Aug-18	4.285.988.182
Sep-18	4.301.491.213
Oct-18	4.316.994.245
Nov-18	4.332.497.277
Dec-18	4.348.000.308

4.1. Formulasi Model Goal Programming

4.1.1. Variabel Keputusan

x_{Aj} = Jumlah produksi air bersih di IPA Paal dua dengan jenis pelanggan, untuk $j = 1, 2, \dots, 12$

x_{Bj} = Jumlah produksi air bersih di IPA Lotta dengan jenis pelanggan, untuk $j = 1, 2, \dots, 11$

x_{Cj} = Jumlah produksi air bersih di IPA Malalayang dengan jenis pelanggan, untuk $j = 1, 2, \dots, 11$

x_{Dj} = Jumlah produksi air bersih di IPA Pancuran Sembilan dengan jenis pelanggan $j = 1, 2, \dots, 9$

x_{Ej} = Jumlah produksi air bersih di IPA Koka dengan jenis pelanggan, untuk $j = 1, 2, \dots, 5$

4.1.2. Fungsi Kendala

1. Kendala tingkat permintaan air bersih di IPA Paal Dua

$$x_{A1} + d_1^- - d_1^+ = 209394,106$$

$$x_{A2} + d_2^- - d_2^+ = 3538,464$$

$$x_{A3} + d_3^- - d_3^+ = 863,170$$

$$x_{A4} + d_4^- - d_4^+ = 608,080$$

$$x_{A5} + d_5^- - d_5^+ = 12929,136$$

$$x_{A6} + d_6^- - d_6^+ = 435,382$$

$$x_{A7} + d_7^- - d_7^+ = 460,782$$

$$x_{A8} + d_8^- - d_8^+ = 43351,704$$

$$x_{A9} + d_9^- - d_9^+ = 1350,970$$

$$x_{A10} + d_{10}^- - d_{10}^+ = 410,998$$

$$x_{A11} + d_{11}^- - d_{11}^+ = 20709,658$$

$$x_{A12} + d_{12}^- - d_{12}^+ = 379,278$$

2. Kendala tingkat permintaan air bersih di IPA Lotta

$$x_{B1} + d_{13}^- - d_{13}^+ = 125578,482$$

$$x_{B2} + d_{14}^- - d_{14}^+ = 1668,544$$

$$x_{B3} + d_{15}^- - d_{15}^+ = 249,865$$

$$x_{B4} + d_{16}^- - d_{16}^+ = 386,960$$

$$x_{B5} + d_{17}^- - d_{17}^+ = 6072,776$$

$$x_{B6} + d_{18}^- - d_{18}^+ = 145,127$$

$$x_{B7} + d_{19}^- - d_{19}^+ = 102,396$$

$$x_{B8} + d_{20}^- - d_{20}^+ = 4727,448$$

$$x_{B9} + d_{21}^- - d_{21}^+ = 229,410$$

$$x_{B10} + d_{22}^- - d_{22}^+ = 1232,994$$

$$x_{B11} + d_{23}^- - d_{23}^+ = 1373,016$$

3. Kendala tingkat permintaan air bersih di IPA Malalayang

$$x_{C1} + d_{24}^- - d_{24}^+ = 49542,056$$

$$x_{C2} + d_{25}^- - d_{25}^+ = 546,592$$

$$x_{C3} + d_{26}^- - d_{26}^+ = 113,575$$

$$x_{C4} + d_{27}^- - d_{27}^+ = 221,120$$

$$x_{C5} + d_{28}^- - d_{28}^+ = 6464,568$$

$$x_{C6} + d_{29}^- - d_{29}^+ = 72,564$$

$$x_{C7} + d_{30}^- - d_{30}^+ = 136,528$$

$$x_{C8} + d_{31}^- - d_{31}^+ = 15221,712$$

$$x_{C9} + d_{32}^- - d_{32}^+ = 458,820$$

$$x_{C10} + d_{33}^- - d_{33}^+ = 1643,992$$

$$x_{C11} + d_{34}^- - d_{34}^+ = 2631,614$$

4. Kendala tingkat permintaan air bersih di IPA Pancuran Sembilan

$$x_{D1} + d_{35}^- - d_{35}^+ = 57852,752$$

$$x_{D2} + d_{36}^- - d_{36}^+ = 747,968$$

$$x_{D3} + d_{37}^- - d_{37}^+ = 204,435$$

$$x_{D4} + d_{38}^- - d_{38}^+ = 138,200$$

$$x_{D5} + d_{39}^- - d_{39}^+ = 1371,272$$

$$x_{D6} + d_{40}^- - d_{40}^+ = 36,282$$

$$x_{D7} + d_{41}^- - d_{41}^+ = 85,330$$

- $x_{D8} + d_{42}^- - d_{42}^+ = 1944,624$
 $x_{D9} + d_{43}^- - d_{43}^+ = 101,960$
5. Kendala tingkat permintaan air bersih di IPA Koka
 - $x_{E1} + d_{44}^- - d_{44}^+ = 10726,596$
 - $x_{E2} + d_{45}^- - d_{45}^+ = 201,376$
 - $x_{E3} + d_{46}^- - d_{46}^+ = 68,145$
 - $x_{E4} + d_{47}^- - d_{47}^+ = 27,640$
 - $x_{E5} + d_{48}^- - d_{48}^+ = 391,792$
 6. Kendala batas bawah permintaan air bersih di IPA Paal Dua
 - $x_{A1} + d_{49}^- - d_{49}^+ = 187328,887$
 - $x_{A2} + d_{50}^- - d_{50}^+ = 2912,270$
 - $x_{A3} + d_{51}^- - d_{51}^+ = 598,500$
 - $x_{A4} + d_{52}^- - d_{52}^+ = 452,510$
 - $x_{A5} + d_{53}^- - d_{53}^+ = 10682,806$
 - $x_{A6} + d_{54}^- - d_{54}^+ = 312,316$
 - $x_{A7} + d_{55}^- - d_{55}^+ = 378,000$
 - $x_{A8} + d_{56}^- - d_{56}^+ = 39111,081$
 - $x_{A9} + d_{57}^- - d_{57}^+ = 1190,041$
 - $x_{A10} + d_{58}^- - d_{58}^+ = 232,818$
 - $x_{A11} + d_{59}^- - d_{59}^+ = 12093,268$
 - $x_{A12} + d_{60}^- - d_{60}^+ = 320,000$
 7. Kendala batas bawah permintaan air bersih di IPA Lotta
 - $x_{B1} + d_{61}^- - d_{61}^+ = 112345,460$
 - $x_{B2} + d_{62}^- - d_{62}^+ = 1373,265$
 - $x_{B3} + d_{63}^- - d_{63}^+ = 173,250$
 - $x_{B4} + d_{64}^- - d_{64}^+ = 287,961$
 - $x_{B5} + d_{65}^- - d_{65}^+ = 5017,682$
 - $x_{B6} + d_{66}^- - d_{66}^+ = 104,105$
 - $x_{B7} + d_{67}^- - d_{67}^+ = 84,000$
 - $x_{B8} + d_{68}^- - d_{68}^+ = 4265,013$
 - $x_{B9} + d_{69}^- - d_{69}^+ = 202,082$
 - $x_{B10} + d_{70}^- - d_{70}^+ = 698,455$
 - $x_{B11} + d_{71}^- - d_{71}^+ = 801,764$
 8. Kendala batas bawah permintaan air bersih di IPA Malalayang
 - $x_{C1} + d_{72}^- - d_{72}^+ = 44321,487$
 - $x_{C2} + d_{73}^- - d_{73}^+ = 449,863$
 - $x_{C3} + d_{74}^- - d_{74}^+ = 78,750$
 - $x_{C4} + d_{75}^- - d_{75}^+ = 164,549$
 - $x_{C5} + d_{76}^- - d_{76}^+ = 5341,403$
 - $x_{C6} + d_{77}^- - d_{77}^+ = 52,053$
 - $x_{C7} + d_{78}^- - d_{78}^+ = 112,000$
 - $x_{C8} + d_{79}^- - d_{79}^+ = 13732,738$
 - $x_{C9} + d_{80}^- - d_{80}^+ = 404,165$
 - $x_{C10} + d_{81}^- - d_{81}^+ = 931,273$
 - $x_{C11} + d_{82}^- - d_{82}^+ = 1536,714$
 9. Kendala batas bawah permintaan air bersih di IPA Pancuran Sembilan
 - $x_{D1} + d_{83}^- - d_{83}^+ = 51756,431$
 - $x_{D2} + d_{84}^- - d_{84}^+ = 615,602$
 - $x_{D3} + d_{85}^- - d_{85}^+ = 141,750$
 - $x_{D4} + d_{86}^- - d_{86}^+ = 102,843$
 - $x_{D5} + d_{87}^- - d_{87}^+ = 1133,025$
 - $x_{D6} + d_{88}^- - d_{88}^+ = 26,026$
 - $x_{D7} + d_{89}^- - d_{89}^+ = 70,000$
 - $x_{D8} + d_{90}^- - d_{90}^+ = 1754,403$
 - $x_{D9} + d_{91}^- - d_{91}^+ = 89,814$
 10. Kendala batas bawah permintaan air bersih di IPA Koka
 - $x_{E1} + d_{92}^- - d_{92}^+ = 9596,265$
 - $x_{E2} + d_{93}^- - d_{93}^+ = 165,739$
 - $x_{E3} + d_{94}^- - d_{94}^+ = 47,250$
 - $x_{E4} + d_{95}^- - d_{95}^+ = 20,569$
 - $x_{E5} + d_{96}^- - d_{96}^+ = 323,721$
 11. Kendala batas atas permintaan air bersih di IPA Paal Dua
 - $x_{A1} + d_{97}^- - d_{97}^+ = 235224,253$
 - $x_{A2} + d_{98}^- - d_{98}^+ = 4279,965$
 - $x_{A3} + d_{99}^- - d_{99}^+ = 1293,900$
 - $x_{A4} + d_{100}^- - d_{100}^+ = 838,538$
 - $x_{A5} + d_{101}^- - d_{101}^+ = 16031,117$
 - $x_{A6} + d_{102}^- - d_{102}^+ = 638,769$
 - $x_{A7} + d_{103}^- - d_{103}^+ = 618,300$
 - $x_{A8} + d_{104}^- - d_{104}^+ = 51016,017$
 - $x_{A9} + d_{105}^- - d_{105}^+ = 1497,674$
 - $x_{A10} + d_{106}^- - d_{106}^+ = 649,111$
 - $x_{A11} + d_{107}^- - d_{107}^+ = 38298,106$
 - $x_{A12} + d_{108}^- - d_{108}^+ = 444,000$
 12. Kendala batas atas permintaan air bersih di IPA Lotta
 - $x_{B1} + d_{109}^- - d_{109}^+ = 141069,418$
 - $x_{B2} + d_{110}^- - d_{110}^+ = 2018,195$
 - $x_{B3} + d_{111}^- - d_{111}^+ = 374,550$
 - $x_{B4} + d_{112}^- - d_{112}^+ = 533,615$
 - $x_{B5} + d_{113}^- - d_{113}^+ = 7529,767$
 - $x_{B6} + d_{114}^- - d_{114}^+ = 212,923$
 - $x_{B7} + d_{115}^- - d_{115}^+ = 137,400$
 - $x_{B8} + d_{116}^- - d_{116}^+ = 5563,232$
 - $x_{B9} + d_{117}^- - d_{117}^+ = 254,322$
 - $x_{B10} + d_{118}^- - d_{118}^+ = 1947,333$
 - $x_{B11} + d_{119}^- - d_{119}^+ = 2539,101$
 13. Kendala batas atas permintaan air bersih di IPA Malalayang
 - $x_{C1} + d_{120}^- - d_{120}^+ = 55653,396$
 - $x_{C2} + d_{121}^- - d_{121}^+ = 661,133$
 - $x_{C3} + d_{122}^- - d_{122}^+ = 170,250$
 - $x_{C4} + d_{123}^- - d_{123}^+ = 304,923$
 - $x_{C5} + d_{124}^- - d_{124}^+ = 8015,558$
 - $x_{C6} + d_{125}^- - d_{125}^+ = 106,462$
 - $x_{C7} + d_{126}^- - d_{126}^+ = 183,200$
 - $x_{C8} + d_{127}^- - d_{127}^+ = 17912,816$
 - $x_{C9} + d_{128}^- - d_{128}^+ = 508,644$
 - $x_{C10} + d_{129}^- - d_{129}^+ = 2596,444$
 - $x_{C11} + d_{130}^- - d_{130}^+ = 4866,610$
 14. Kendala batas atas permintaan air bersih di IPA Pancuran Sembilan
 - $x_{D1} + d_{131}^- - d_{131}^+ = 64989,271$
 - $x_{D2} + d_{132}^- - d_{132}^+ = 904,708$
 - $x_{D3} + d_{133}^- - d_{133}^+ = 306,450$
 - $x_{D4} + d_{134}^- - d_{134}^+ = 190,577$
 - $x_{D5} + d_{135}^- - d_{135}^+ = 1700,270$
 - $x_{D6} + d_{136}^- - d_{136}^+ = 53,231$
 - $x_{D7} + d_{137}^- - d_{137}^+ = 114,500$
 - $x_{D8} + d_{138}^- - d_{138}^+ = 2288,421$
 - $x_{D9} + d_{139}^- - d_{139}^+ = 113,032$
 15. Kendala batas atas permintaan air bersih di IPA Koka
 - $x_{E1} + d_{140}^- - d_{140}^+ = 12049,793$
 - $x_{E2} + d_{141}^- - d_{141}^+ = 243,575$
 - $x_{E3} + d_{142}^- - d_{142}^+ = 102,150$
 - $x_{E4} + d_{143}^- - d_{143}^+ = 38,115$

$$x_{E5} + d_{144}^- - d_{144}^+ = 485,791$$

16. Kendala kapasitas produksi

$$x_{A1} + x_{A2} + x_{A3} + x_{A4} + x_{A5} + x_{A6} + x_{A7} + x_{A8} + x_{A9} + x_{A10} + x_{A11} + x_{A12} + d_{145}^- - d_{145}^+ = 972000$$

$$x_{B1} + x_{B2} + x_{B3} + x_{B4} + x_{B5} + x_{B6} + x_{B7} + x_{B8} + x_{B9} + x_{B10} + x_{B11} + d_{146}^- - d_{146}^+ = 388800$$

$$x_{C1} + x_{C2} + x_{C3} + x_{C4} + x_{C5} + x_{C6} + x_{C7} + x_{C8} + x_{C9} + x_{C10} + x_{C11} + d_{147}^- - d_{147}^+ = 311040$$

$$x_{D1} + x_{D2} + x_{D3} + x_{D4} + x_{D5} + x_{D6} + x_{D7} + x_{D8} + x_{D9} + d_{148}^- - d_{148}^+ = 88128$$

$$x_{E1} + x_{E2} + x_{E3} + x_{E4} + x_{E5} + d_{149}^- - d_{149}^+ = 51840$$

17. Kendala pendapatan penjualan air bersih

$$6056x_{A1} + 5526x_{A2} + 6737x_{A3} + 6132x_{A4} + 8024x_{A5} + 7418x_{A6} + 4391x_{A7} + 8629x_{A8} + 10446x_{A9} + 8024x_{A10} + 13759x_{A11} + 15140x_{A12} + 6056x_{B1} + 5526x_{B2} + 6737x_{B3} + 6132x_{B4} + 8024x_{B5} + 7418x_{B6} + 4391x_{B7} + 8629x_{B8} + 10446x_{B9} + 8024x_{B10} + 13759x_{B11} + 6056x_{C1} + 5526x_{C2} + 6737x_{C3} + 6132x_{C4} + 8024x_{C5} + 7418x_{C6} + 4391x_{C7} + 8629x_{C8} + 10446x_{C9} + 8024x_{C10} + 13759x_{C11} + 6056x_{D1} + 5526x_{D2} + 6737x_{D3} + 6132x_{D4} + 8024x_{D5} + 7418x_{D6} + 4391x_{D7} + 8629x_{D8} + 10446x_{D9} + 6056x_{E1} + 5526x_{E2} + 6737x_{E3} + 6132x_{E4} + 8024x_{E5} + d_{150}^- - d_{150}^+ = 4239479087$$

4.1.3. Fungsi Tujuan

$$Min Z = \left(\sum_{j=1}^{48} (d_j^- + d_j^+) \right) + \left(\sum_{k=49}^{96} (d_k^-) \right) + \left(\sum_{l=97}^{144} (d_l^+) \right) + \left(\sum_{m=145}^{149} (d_m^+) \right) + d_{150}^-$$

4.1.4. Hasil Optimasi Goal Programming

Tabel. 6 Solusi Optimal Jumlah Produksi Air Bersih

Variabel Keputusan	Jumlah Produksi Air Bersih (m ³)	Variabel Keputusan	Jumlah Produksi Air Bersih (m ³)	Variabel Keputusan	Jumlah Produksi Air Bersih (m ³)
x _{A1}	209394,109	x _{B5}	6072,776	x _{C10}	1643,992
x _{A2}	3538,464	x _{B6}	145,127	x _{C11}	2631,614
x _{A3}	866,320	x _{B7}	102,396	x _{D1}	57582,750
x _{A4}	608,080	x _{B8}	4727,448	x _{D2}	747,968
x _{A5}	12929,136	x _{B9}	229,410	x _{D3}	204,435
x _{A6}	435,382	x _{B10}	1232,994	x _{D4}	138,200
x _{A7}	460,782	x _{B11}	2269,665	x _{D5}	1371,272
x _{A8}	43351,699	x _{C1}	49542,051	x _{D6}	36,282
x _{A9}	1350,970	x _{C2}	546,592	x _{D7}	85,330
x _{A10}	410,998	x _{C3}	113,575	x _{D8}	1944,624
x _{A11}	38298,105	x _{C4}	221,120	x _{D9}	101,960
x _{A12}	444,000	x _{C5}	6464,568	x _{E1}	10726,596
x _{B1}	125578,477	x _{C6}	72,564	x _{E2}	201,376
x _{B2}	1668,544	x _{C7}	136,528	x _{E3}	68,145
x _{B3}	249,865	x _{C8}	15221,712	x _{E4}	27,640
x _{B4}	386,960	x _{C9}	458,820	x _{E5}	391,792

Berdasarkan tabel 6 dapat diketahui optimasi produksi masing-masing Instalasi Pengolahan Air (IPA) di PT Air Manado sebagai berikut :

a. Produksi air bersih di IPA Paal dua

$$x_{A1} + x_{A2} + x_{A3} + x_{A4} + x_{A5} + x_{A6} + x_{A7} + x_{A8} + x_{A9} + x_{A10} + x_{A11} + x_{A12} = 312088,046 m^3$$

b. Produksi air bersih di IPA Lotta

$$x_{B1} + x_{B2} + x_{B3} + x_{B4} + x_{B5} + x_{B6} + x_{B7} + x_{B8} + x_{B9} + x_{B10} + x_{B11} = 142663,662 m^3$$

c. Produksi air bersih di IPA Malalayang

$$x_{C1} + x_{C2} + x_{C3} + x_{C4} + x_{C5} + x_{C6} + x_{C7} + x_{C8} + x_{C9} + x_{C10} + x_{C11} = 77053,136 m^3$$

d. Produksi air bersih di IPA Pancuran Sembilan

$$x_{D1} + x_{D2} + x_{D3} + x_{D4} + x_{D5} + x_{D6} + x_{D7} + x_{D8} + x_{D9} = 62212,821 m^3$$

e. Produksi air bersih di IPA Koka

$$x_{E1} + x_{E2} + x_{E3} + x_{E4} + x_{E5} = 11415,549 m^3$$

4.1.5. Variabel Simpangan

Hasil penelitian menunjukkan sasaran memenuhi tingkat permintaan air bersih dengan simpangan negatif d_{145}^- sampai d_{148}^- bernilai nol, artinya hasil optimasi produksi memenuhi tingkat permintaan. Variabel simpangan negatif d_{149}^- sampai d_{150}^- bernilai nol dan variabel simpangan positif d_{145}^+ sampai d_{149}^+ bernilai lebih dari nol. Hal ini menjelaskan bahwa hasil optimasi produksi air bersih masih di atas batas bawah tingkat permintaan. Sehingga tujuan memaksimalkan batas bawah permintaan air bersih tercapai. Variabel simpangan positif d_{145}^+ sampai d_{149}^+ bernilai nol, artinya hasil optimasi produksi air bersih tidak melebihi batas atas permintaan, sehingga tujuan untuk meminimumkan kelebihan batas atas permintaan tercapai. Variabel simpangan positif d_{145}^+ sampai d_{149}^+ bernilai nol, itu artinya hasil optimasi tidak melebihi kapasitas produksi, sehingga tujuan untuk meminimumkan kelebihan kapasitas produksi tercapai. Variabel simpangan d_{150}^+ dan d_{150}^- bernilai nol. Hal ini menjelaskan bahwa sasaran untuk memaksimalkan pendapatan perusahaan tercapai, dengan pendapatan perusahaan sebesar Rp. 4.239.479.087.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa optimasi : jumlah produksi air bersih di IPA Paal dua sebesar 312088,046 m³, jumlah produksi air bersih di IPA Lotta sebesar 142663,662 m³, jumlah produksi air bersih di IPA Malalayang sebesar 77053,136 m³, jumlah produksi air bersih di IPA Pancuran Sembilan sebesar 62212,821 m³, jumlah produksi air bersih di IPA Koka sebesar 11415,549 m³, dengan pendapatan perusahaan sebesar Rp. 4.239.479.087. Hasil optimasi produksi air bersih tidak melebihi kapasitas produksi yang tersedia di masing-masing Instalasi Pengolahan Air dan mampu memenuhi tingkat permintaan pelanggan PT Air Manado

DAFTAR PUSTAKA

[1] WWF. 2012. Air Bersih dan Kehidupan Manusia. <https://www.wwf.or.id/?26120/Air-Bersih-dan-Kehidupan-Manusia>. [21 Januari 2018].
 [2] National Geographic Indonesia. 2016. Air Sungai di Indonesia Tercemar Berat. <http://nationalgeographic.co.id/berita/2016/05/air-sungai-di-indonesia-tercemar-berat>. [20 Januari 2018].

- [3] BPS. 2017. Jumlah Penduduk Kota Manado Menurut Kecamatan dan Jenis Kelamin, 2011-2016. <https://manadokota.bps.go.id/statictable/2017/08/18/199/jumlah-penduduk-kota-manado-menurut-kecamatan-dan-jenis-kelamin-2011-2016.html>. [28 November 2017].
- [4] Rangkuti, A. 2013. 7 Model Riset Operasi & Aplikasinya. Brilian Internasional. Surabaya.
- [5] Raden, L., Y.A.R. Langi., dan T. Manurung. 2013. Optimasi Pendistribusian Raskin dengan Menggunakan *Goal Programming*. *Jurnal MIPA UNSRAT* 2(1) : 12-16.
- [6] Nelwan, C., J.S. Kekenusa., dan Y. Langi. Optimasi Pendistribusian Air dengan Menggunakan Metode *Least Cost* dan metode *Modified Distribution* (Studi kasus : PDAM Kabupaten Minahasa Utara). *Jurnal Ilmiah Sains* 13(1) : 45-51
- [7] Rindengan, A.J., P.T. Supriyo, A. Kustiyo. 2013. Model *Fuzzy Goal Programming* yang Diselesaikan dengan *Linier Programming* pada perencanaan produksi. *DeCartesian* 2(2) : 26-32
- [8] Aminudin. 2005. Prinsip-prinsip Riset Operasi. Erlangga. Jakarta.
- [9] Hillier, F., G. Lieberman., E. Gunawan., dan A. Mulia. 1994. Pengantar Riset Operasi (Jilid 1). Erlangga. Jakarta.
- [10] Mulyono, S. 1991. *Operations Research*. FE-UI. Jakarta.

John Socrates Kekenusa (johnskekenua@yahoo.com)



lahir di Tahuna (Sangihe), Sulawesi Utara 24 Agustus 1958. Pada tahun 1982 menyelesaikan pendidikan di Fakultas Perikanan UNSRAT Manado. Tahun 1988 menyelesaikan studi S-2 (Magister) pada program studi Statistika Terapan di IPB Bogor. Tahun 2003-2006 mengikuti pendidikan doktor (S-3) di Universitas Airlangga Surabaya dalam bidang MIPA (penelitian bidang statistika tentang pemodelan) . Mulai 1 April 2007 diangkat menjadi Guru Besar Statistika pada Fakultas MIPA UNSRAT.). Juga aktif meneliti, menulis, dan mengajar di jenjang S-1, S-2, dan S-3, dalam bidang statistika, filsafat ilmu, dan metodologi penelitian.

Meyhard Sualang (meyhard.sualang@gmail.com)



lahir dan tinggal di Desa Pangu, Kab. Minahasa Tenggara. Dia masih menempuh pendidikan tinggi di Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT) Manado. Tahun 2018 adalah tahun terakhir ia menempuh studi. Makalah ini merupakan

hasil penelitian skripsinya yang dipublikasikan.

Nelson Nainggolan (n-nelson@unsrat.ac.id) lahir di



Tapanuli Utara tanggal 9 Maret 1967. Gelar sarjana pendidikan Matematika diperoleh tahun 1992 di FMIPA IKIP Negri Medan. Tahun 1996 menyelesaikan studi S2, di jurusan Matematika ITB Bandung. Tahun 2011 menyelesaikan studi S3 pada bidang Matematika di Universitas Padjadjaran

Bandung. Saat ini menjadi pengajar akademik tetap di jurusan Matematika FMIPA Unsrat Manado.