

# OPTIMASI PENGEMBANGAN LAHAN BERBASIS DAERAH IRIGASI DI PROVINSI SULAWESI SELATAN

## OPTIMIZATION OF LAND DEVELOPMENT BASED ON IRRIGATION AREA IN SOUTH SULAWESI PROVINCE

Oleh:

**Widya Utaminingsih<sup>1)</sup>, Edy Anto Soentoro<sup>1)</sup>, Winskayati<sup>1)</sup>, Eko Winar Irianto<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Prodi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB

<sup>2)</sup>Balai Litbang Irigasi, Puslitbang Sumber Daya Air, Badan Litbang Kementerian PUPR

Komunikasi Penulis, email : widya.tm@gmail.com

Naskah ini diterima pada 17 April 2017; revisi pada 31 Agustus 2017;  
disetujui untuk dipublikasikan pada 22 September 2017

### ABSTRACT

*Food security has been transformed into one of the strategic issue when it is related to the raise of population numbers and the high rate of irrigated land conversion into residential/industry. The increase of rice national production becomes one of the Government's key element to meet the national food necessity. The zonation mapping process to the irrigated area potency has been conducted, however, the further analysis to determine the land development policy is necessary in correspond with the raise of production cost and investment expense. This is essential to assess its development efficacy. The main purpose of this research is to examine the best scheme to boost up the national rice productivity, either through the extensification or the intensification processes and to calculate the minimum required of the investment cost. This research is focused on the analysis towards the irrigated area, whereas the location determination is referring to these two important aspects: 1) the zonation mapping potency of irrigated land development; and 2) the simulation of categorization of the national rice productivity. The optimization process has been investigated through Multi Criteria Decision Analysis (MCDA) along with the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. Further more in-depth scoring criteria has been conducted with the compromise Programming and Promethee methods to figure out the development priority. The total Investment cost which acquired for the average irrigated area extensification was estimated around 105,6 million IDR/ha, henceforth, it is could be referred as the basis for budgeting- stipulation process for the future irrigated area development, with the production increase resulted from the abovementioned extensification of irrigated area was 5,02 tonnes/ha, or the cost of investment per production for the pertinent irrigated area intensification was 10,51 million IDR/ton.*

**Keywords:** *extensification, intensification, investment cost, optimization, rice production*

### ABSTRAK

Ketahanan pangan menjadi isu strategis ketika dihubungkan dengan kenaikan jumlah penduduk dan tingginya laju konversi lahan beririgasi menjadi daerah pemukiman/industri. Peningkatan produksi padi nasional menjadi salah satu kunci pemerintah dalam pemenuhan kebutuhan pangan nasional. Pemetaan zonasi potensi pengembangan lahan irigasi telah dilakukan namun untuk menentukan kebijakan pengembangan lahan diperlukan analisa lanjut terhadap kenaikan produksi dan investasi biaya guna mengetahui efektifitas pengembangannya. Penelitian ini dilakukan guna mendapatkan skenario terbaik dalam upaya meningkatkan produksi beras nasional melalui ekstensifikasi maupun intensifikasi, serta menghitung nilai minimum investasi yang diperlukan untuk meningkatkan produksi tersebut. Penelitian dibatasi pada analisa berbasis daerah irigasi, dimana penentuan lokasi penelitian berdasarkan peta zonasi potensi pengembangan lahan irigasi dan simulasi pengelompokan produksi padi nasional. Optimasi dilakukan dengan *Multi Criteria Decision Analysis* (MCDA) metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk pembobotan, dilanjutkan dengan metode *Compromise Programming* dan *Promethee* untuk menentukan prioritas pengembangan. Hasil kajian menunjukkan bahwa Program Ekstensifikasi dapat menjadi prioritas pengembangan irigasi sebagai dukungan terhadap ketahanan pangan nasional. Total investasi biaya yang dikeluarkan untuk ekstensifikasi lahan irigasi rata-rata diperkirakan Rp 105,6 Juta/ha, yang dapat digunakan sebagai dasar penganggaran penentuan lahan pengembangan lahan irigasi kedepan, dengan kenaikan produksi yang dihasilkan dari ekstensifikasi lahan irigasi di Provinsi Sulawesi Selatan ini adalah 5,02 ton/ha, atau harga investasi per produksi untuk ekstensifikasi lahan irigasi ini adalah Rp 10,51 juta/ton.

**Kata kunci:** *ekstensifikasi, intensifikasi, investasi biaya, optimasi, produksi padi*

## I. PENDAHULUAN

Pangan merupakan salah satu isu strategis yang menyangkut kelangsungan dan hajat hidup warga negara, terlebih bila dikaitkan dengan keterbatasan lahan pertanian beririgasi dan adanya alih fungsi lahan yang semakin cepat terjadi di lahan produktif. Hal ini menjadi faktor kendala yang cukup penting mengingat kenaikan jumlah penduduk yang cukup signifikan berakibat terhadap peningkatan kebutuhan pangan nasional, sementara itu lahan produksi yang ada makin berkurang karena adanya fenomena konversi lahan.

Fenomena konversi lahan yang cukup luas khususnya di Pulau Jawa (sebagai lumbung padi nasional), Pulau Sumatera, Sulawesi dan Bali cukup mengkhawatirkan bagi pemenuhan kebutuhan pangan nasional. Konversi lahan beririgasi menjadi lahan industri, permukiman dan lainnya menjadi kendala bagi pengembangan dan pengelolaan jaringan irigasi, yang berdampak terhadap menurunnya ketahanan pangan nasional. Pemerintah telah menetapkan kebijakan pengembangan lahan beririgasi, yang diharapkan dapat meningkatkan keterjaminan lahan (abadi) dan air irigasi sehingga indeks pertanaman dan produktivitas lahan dapat meningkat. Secara empiris, lahan pertanian pangan yang paling rentan terhadap konversi lahan adalah sawah beririgasi. Konversi lahan sawah menjadi non sawah di Pulau Jawa adalah 4,2% per tahun atau seluas ±148 ribu/tahun. Konversi lahan ini justru banyak terjadi di wilayah-wilayah sentra-sentra produksi pangan (Muqorrobin, Utaminingsih, & Agustina, 2013).

Sejalan dengan laju pertumbuhan penduduk di Indonesia sebesar 1,38% per tahun (BPS, 2015) maka diperlukan upaya peningkatan produksi pangan yang berdaulat. Terkait dengan hal tersebut, kegiatan optimasi lahan merupakan pilihan yang dapat dilaksanakan karena hasilnya dapat segera terlihat dengan biaya relatif murah (Direktorat Perluasan dan Pengelolaan Lahan, 2015). Salah satu upaya optimasi lahan tersebut adalah intensifikasi lahan.

Upaya lain yang dapat dilakukan adalah melalui perluasan (pengembangan) lahan pertanian beririgasi atau yang lebih sering disebut dengan ekstensifikasi. Kegiatan perluasan lahan tersebut berhubungan dengan upaya peningkatan luas lahan irigasi agar produksi kebutuhan pangan dapat optimal. Produksi kebutuhan pangan berkaitan erat dengan jumlah lahan yang tersedia, sehingga perlu diketahui dengan pasti jumlah lahan yang telah dikembangkan dan yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai lahan

untuk pemenuhan kebutuhan pangan di Indonesia. Sebagai gambaran, pada tahun 2016 dari total luas panen sekitar 14,1 juta Ha dengan produksi padi sebesar 75,39 juta ton. Rata-rata produktivitas padi sawah 5,3 juta ton/ha (BPS, 2015).

Pengembangan lahan irigasi hendaknya tidak hanya melihat dari sisi potensinya saja, akan tetapi juga harus melihat produktivitas padi nasional. Kajian yang telah dilakukan oleh Sudono, Utaminingsih, & Lestari (2013) menunjukkan bahwa provinsi dengan produktivitas terbaik yaitu Bali, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur dan DKI Jakarta, dimana wilayah tersebut merupakan wilayah yang rata-rata sudah tidak mempunyai areal pengembangan lahan untuk irigasi lagi, jikapun ada luas wilayahnya sangat sedikit, sehingga perlu skenario lain namun tetap ditinjau berdasarkan hasil zonasi potensi pengembangan lahan irigasi dan prediksi produksi padi nasional.

Berdasarkan penelitian Balai Irigasi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum tahun 2012 sampai dengan 2015 mengenai zonasi potensi pengembangan lahan irigasi, bahwa total luas lahan yang masih berpotensi untuk dikembangkan menjadi lahan irigasi seluas 18,5 juta Ha yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia dengan luas penyebaran dari yang terbesar hingga terkecil adalah Pulau Sumatera 35,26%, Pulau Kalimantan 23,80%, Pulau Sulawesi 22,35%, Pulau Papua (Irian) 10,24%, Pulau Jawa 5,20%, Pulau Bali-Nusa Tenggara 2,83% dan Pulau Maluku 0,33% (Balai Irigasi, 2015).

Berdasarkan data zonasi potensi pengembangan lahan irigasi tersebut, maka Indonesia masih dapat melakukan pengembangan dan perluasan lahan irigasi untuk tujuan swasembada beras dan ketahanan pangan nasional, dengan tidak mengesampingkan tindakan optimasi lahan irigasi (intensifikasi). Selain data tersebut, faktor rekam produktivitas padi juga perlu dijadikan pertimbangan guna mendapatkan produktivitas maksimum dalam rencana pengembangan lahan irigasi. Dengan demikian perlu dilakukan kajian untuk menentukan prioritas dan simulasi pengembangan secara ekstensifikasi maupun intensifikasi yang dilakukan untuk memperoleh nilai produktivitas yang optimal sehingga tercapai tujuan ketahanan pangan nasional dan swasembada beras.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan prioritas pengembangan lahan irigasi ditinjau dari perbandingan dimensi optimalisasi (intensifikasi)

dengan pengembangan lahan irigasi (ekstensifikasi) sebagai dukungan terhadap ketahanan pangan nasional. Selain itu, juga akan memprediksi nilai produksi yang akan dicapai serta nilai investasi yang diperlukan dalam pelaksanaan program optimasi pengembangan lahan irigasi.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2012 tentang pangan (Pemerintah Republik Indonesia, 2012) dan Peraturan Pemerintah Nomor 17 tahun 2015 (Pemerintah Republik Indonesia, 2015) tentang ketahanan pangan dan gizi mengartikan ketahanan pangan sebagai kondisi terpenuhinya pangan bagi rumah tangga yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, merata dan terjangkau. Dalam penelitian ini produksi beras menjadi kajian utama penentuan variabel dalam pengambilan keputusan terkait ketahanan pangan.

Produksi beras dalam negeri dari tahun ke tahun terus meningkat, walaupun mempunyai kecenderungan laju pertumbuhannya yang melandai. Di sisi lain, pertumbuhan penduduk Indonesia melaju dengan cepat, yakni 1,38% per tahun pada periode tahun 2010-2014 (BPS, 2015). Dengan kenyataan ini maka total konsumsi domestik beras Indonesia akan terus meningkat walaupun per kapitanya menunjukkan penurunan (Utaminingsih, Sofiyuddin, & Joubert, 2015).

Berdasarkan hal tersebut maka secara perhitungan matematis dapat diprediksi peningkatan jumlah penduduk dan kebutuhan

beras serta berapa luas lahan yang dibutuhkan untuk mengatasi ledakan penduduk dan permintaan akan pangan khususnya beras. Prediksi kebutuhan luas sawah irigasi tahun 2035 adalah 9,64 juta hektar untuk memenuhi permintaan akan kebutuhan pangan khususnya beras akibat adanya lonjakan pertumbuhan penduduk. Adapun prediksi kebutuhan konsumsi beras dan areal sawah irigasi sampai dengan tahun 2035 disajikan dalam Tabel 1.

Pemenuhan kebutuhan penambahan luas lahan irigasi sebesar 2,34 ha sampai tahun 2035 tersebut perlu direncanakan dengan baik dari segi lokasi maupun produktivitas dan kemungkinan keberlangsungannya. Untuk itu perlu dilakukan optimasi dalam pemilihan lokasi daerah irigasi yang akan dikembangkan, salah satu caranya adalah dengan mengimplementasikan Peta Potensi Pengembangan Lahan Irigasi yang dikoreksi dengan Permen PUPR No. 14 tahun 2015 (Kementerian PUPR, 2015) tentang Kriteria dan Penetapan Status Daerah Irigasi.

Potensi pengembangan atau perluasan lahan sawah irigasi di masa depan untuk memenuhi kebutuhan pangan nasional masih cukup luas yang terdiri atas lahan basah dan lahan kering di berbagai provinsi. Lahan tersebut tentu saja perlu dilengkapi prasarana yang dibutuhkan seperti petakan saluran irigasi dan lembaga pendukung (Ritung & Suharta, 2007). Potensi Pengembangan lahan irigasi telah dipetakan oleh Balai Irigasi Puslitbang Sumber Daya Air tahun 2012 sampai dengan 2015, dengan menggunakan 8 parameter pengembangan lahan irigasi sebagaimana disajikan dalam Tabel 2.

**Tabel 1** Prediksi Kebutuhan Konsumsi Beras dan Areal Sawah Irigasi sampai dengan Tahun 2035

Tahun	Jumlah penduduk	Konsumsi beras	Kebutuhan penyediaan beras	Kebutuhan produksi padi	Kebutuhan areal panen	Kebutuhan areal tanam	Kebutuhan sawah	Kompensasi sawah tanggal konversi	Kebutuhan sawah produksi dari sawah irigasi	Kebutuhan areal panen dari sawah irigasi	Kebutuhan areal sawah irigasi
	Jiwa	Juta ton	Juta ton GKG	Juta Ha	Juta Ha	Juta Ha	Juta Ha	Juta Ha	Juta ton GKG	Juta Ha	Juta Ha
1971	119.208.229	16,57	20,21	31,97	6,92	6,99	4,92	5,00	27,50	5,95	3,76
1980	147.490.298	20,50	25,00	39,56	8,56	8,56	6,09	6,20	34,03	7,37	4,65
1990	179.378.946	24,93	30,42	48,11	10,41	10,52	7,41	7,54	41,39	8,96	5,65
1995	194.754.808	27,07	33,01	52,24	11,31	11,42	8,04	8,19	44,93	9,73	6,14
2000	206.264.595	28,67	34,96	55,32	11,97	12,09	8,52	8,67	47,59	10,30	6,50
2005	237.641.326	33,03	40,28	63,74	13,80	13,93	9,81	9,99	54,83	11,87	7,49
2010	238.518.800	33,15	40,43	63,97	3,85	13,99	9,85	10,03	55,03	11,91	7,52
2015	255.461.700	35,51	43,30	68,52	14,83	14,98	10,56	10,74	58,94	12,76	8,05
2020	271.066.400	37,68	45,95	72,70	15,74	15,89	11,19	11,39	62,54	13,54	8,55
2025	284.829.000	39,56	48,26	76,40	16,54	16,70	11,76	11,97	65,72	14,22	8,98
2030	296.405.100	41,20	50,24	79,50	17,21	17,38	12,24	12,46	68,39	14,80	9,34
2035	306.652.400	42,49	51,81	81,98	17,24	17,92	12,62	12,85	70,52	15,26	9,64

Sumber: Sudono et al., 2014

**Tabel 2** Parameter Pemetaan Zonasi Potensi Pengembangan Lahan Irigasi Beserta Sumbernya

No.	Parameter	Sumber Data spasial
1.	Tanah (Kesuburan Tanah)	BBSDLP-Kementerian Pertanian
2.	Ketersediaan Air	Puslitbang Sumber Daya Air Kementerian PU
3.	Bebas banjir/genangan	BMKG-BIG-Kementerian PU
4.	Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW)	DITJEN Tata Ruang – Kementerian PU
5.	Hambatan status lahan	Lapangan dan BPS
6.	Petani penggarap	Lapangan dan BPS
7.	Potensi desa (IPM)	BPS
8.	Infrastruktur/Sarana pemasaran produksi	PUSDATA, Kementerian PU dan BIG

Sumber: Balai Irigasi, 2015

Berdasarkan hasil pemetaan yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa luas wilayah yang masih dapat dikembangkan menjadi daerah irigasi seluas 18,48 juta hektar yang tersebar di seluruh kawasan irigasi di Indonesia, lokasi terbesar berada di Pulau Sumatera dengan prosentase 35,26% disusul oleh Pulau Kalimantan dan Sulawesi dengan prosentase masing-masing 23,80% dan 22,35% seperti yang disajikan dalam Tabel 3.

**Tabel 3** Luas Zonasi Potensi Pengembangan Lahan Irigasi

Pulau	Luas (Ha)	Prosentase
Sumatera	6.515.145	35,26
Jawa	960.860	5,20
Bali - Nusa Tenggara	522.716	2,83
Kalimantan	4.397.688	23,80
Sulawesi	4.129.380	22,35
Maluku	60.134	0,33
Papua	1.892.786	10,24
<b>Jumlah</b>	<b>18.478.709</b>	<b>100,00</b>

Sumber: Balai Irigasi, 2015

Pemilihan lokasi kajian dalam penelitian ini berdasarkan data hasil pemetaan zonasi potensi pengembangan lahan irigasi yang dikoreksi dengan hasil penelitian (Sudono, *et al.*, 2013) mengenai simulasi produktivitas padi masing-masing provinsi di Indonesia. Simulasi produktivitas padi masing-masing provinsi menunjukkan hasil bahwa produktivitas padi tertinggi ada di Pulau Jawa, kemudian Nusa Tenggara Barat diperingkat kedua dan Pulau Sulawesi diperingkat ketiga.

Berdasarkan simulasi tersebut, maka dapat diperoleh catatan khusus bahwa lahan irigasi nampaknya sudah tidak mungkin dikembangkan lagi untuk Pulau Jawa dan Bali karena sudah tidak tersedia lahan yang dapat dikembangkan dan juga karena faktor tingginya laju konversi lahan terutama di Pulau Jawa. Untuk itu, pengembangan

lahan irigasi akan difokuskan untuk Provinsi Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan, Sumatera Barat, Gorontalo, Sulawesi Barat dan Sulawesi Utara sesuai dengan peringkat produksi beras nasional. Jika menggunakan simulasi pengelompokan produksi padi nasional tersebut, maka dapat diyakini bahwa kedepannya akan memberikan hasil yang optimal untuk menyediakan kebutuhan pangan khususnya padi. Sehingga dampak konversi lahan tidak akan cukup berpengaruh terhadap pemenuhan kebutuhan pangan nasional dengan fokus pengembangan dilakukan di luar Pulau Jawa.

Hasil simulasi tersebut selanjutnya dikoreksi dengan data luasan daerah irigasi sesuai dengan Permen PU No. 14 tahun 2015, sehingga didapatkan hasil bahwa luas potensi lahan yang dapat dikembangkan sesuai dengan peta zonasi potensi pengembangan lahan irigasi adalah Provinsi Sulawesi Selatan seluas 526.269 ha dari luas potensi total 1.107.961 ha dan Sulawesi Barat seluas 77.231 dari luas potensi total 148.036 ha (Utaminingsih, Sofiyuddin, & Joubert, 2015).

Berdasarkan data tersebut, penentuan lokasi penelitian yang ditentukan adalah Provinsi Sulawesi Selatan, dimana sejalan dengan rencana pemerintah untuk melakukan pengembangan lahan irigasi di Sulawesi Selatan. Daerah irigasi kajian merupakan daerah irigasi kewenangan pusat (>3000 ha) yang sedang dilakukan perluasan lahan serta rehabilitasi jaringan irigasi sebagai sampel optimasi lahan irigasi. Adapun daerah irigasi kajian dalam penelitian ini secara rinci disajikan dalam Tabel 4 sebagai alternatif lokasi terpilih untuk ekstensifikasi maupun intensifikasi lahan irigasi.

Pengertian ekstensifikasi berarti meningkatkan hasil pertanian dengan cara membuka lahan baru untuk dijadikan lahan pertanian, sedangkan intensifikasi yang berarti pengoptimalan lahan yang sudah ada (Sjioen, 2015).

**Tabel 4** Daerah Irigasi Kajian

No.	Nama Daerah Irigasi	Wilayah Sungai	Kabupaten	Luas (ha)					Dimensi
				Baku	Fungsional	Sudah Sawah	Rencana Pengembangan	Alih Fungsi	
1	Bulu Cenrana	Walanae Cenranae	Sidrap	5.999	5.999	5.583	0	416	Intensifikasi
2	Palakka	Jeneberang	Bone	4.633	4.633	4.008	0	625	
3	Bajo	Sadang	Luwu	7.000	6.350	6.235	0	115	
4	Pamukkulu	Jeneberang	Takalar	6.256	6.256	6.256	0	0	
5	Bila	Walanae Cenranae	Sidrap-Wajo	9.747	9.747	5.403	0	0	
6	Tabo-tabo	Sadang	Pangkep	8.615	8.615	7.947	0	668	
7	Lamasi	Pompengan Larona	Luwu	11.506	11.506	9.829	474	0	Ekstensifikasi
8	Sanrego	Walanae Cenranae	Bone	9.457	9.457	8.096	1.262	99	
9	Bontomanai	Jeneberang	Bulukumba	3.830	3.830	2.798	698	334	
10	Bayang-Bayang	Jeneberang	Bulukumba	5.030	5.030	3.453	1.177	400	
11	Padang Sappa	Sadang	Luwu	12.588	12.588	4.873	7.304	411	
12	Kalaena	Sadang	Luwu Timur	18.184	18.184	13.952	2.260	733	
13	Sadang	Pompengan Larona	Pinrang-Sidrap-Wajo	60.300	60.300	50.199	742	5.185	

Sumber:

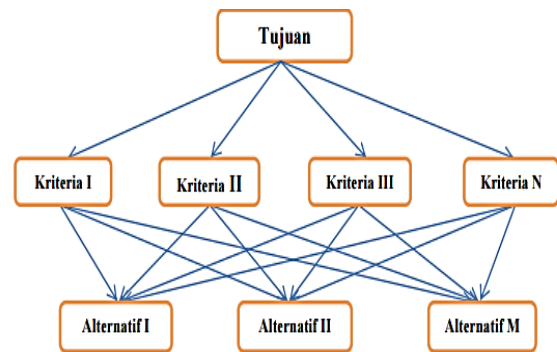
1. Permen PU dan Perumahan Rakyat Nomor 14/PRT/M/2015 tentang Kriteria dan Penetapan Status Daerah Irigasi
2. Inventarisasi Daerah Irigasi Kewenangan Pusat Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2015, Dinas PSDA Provinsi Sulawesi Selatan

Simulasi dan penilaian prioritas pengembangan lahan irigasi dilakukan dengan menggunakan *Multi Criteria Decision Analysis* (MCDA) melalui pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (AHP), dan dilanjutkan dengan metode *Compromise Programming* (CP) dan *Promethee*.

MCDA dapat pula disebut dengan *Multi-criteria Assesment* (MCA) merupakan salah satu metodologi yang dapat digunakan untuk menangani beberapa sistem dimensi, dengan mengintegrasikan antara variabel kualitatif maupun kuantitatif kedalam sebuah penilaian tunggal atau output dengan tujuan untuk mencapai pengambilan keputusan berdasarkan rentang nilai yang telah ditetapkan (Shiau & Wu, 2006). Rentang nilai dalam MCA ini telah digunakan pada beberapa situasi pengambilan keputusan secara luas (Corral, Romero Manrique de Lara, Tejedor Salguero, Jimenez Mendoza, Legna-de la Nuez, Dorta Santos, & Díaz Peña, 2016).

Teknik tersebut melibatkan satu set alternatif yang disusun oleh pengambil keputusan, seperangkat kriteria untuk membandingkan alternatif, dengan memberikan bobot kriteria dan metode untuk peringkat alternatif berdasarkan seberapa jauh alternatif tersebut memenuhi kriteria (Gambar 1). Namun, keputusan teknis dan metodologi pendukung keputusan bervariasi sesuai dengan sifat kualitatif dan kuantitatif dari data; tingkat kompleksitas, ketidakpastian dan ketidakjelasan yang ada dalam parameter;

penggunaan bobot untuk kriteria serta transparansi hasil (Browne, O'Regan, & Moles, 2009).



**Gambar 1** Struktur Hirarki

Awalnya CP diusulkan oleh Zeleny (1973) yang kemudian digunakan oleh banyak peneliti untuk menentukan kebijakan optimal operasi reservoir. CP ini mengidentifikasi solusi optimal yang mempunyai salah satu jarak terpendek menuju kondisi ideal dengan beberapa tujuan simultan yang akan diraih secara bersamaan dengan meminimalkan nilai mereka (Shiau & Wu 2006).

CP menunjukkan beberapa pilihan pengambil keputusan untuk mempertahankan pilihannya dengan mempertimbangkan faktor kelayakan yang mendekati ideal, sehingga dari beberapa pilihan dapat dicari dan didapatkan pilihan terbaik melalui pendekatan kelayakan nilai terdekat. CP dapat dinyatakan dalam Persamaan 1 (Pongthanapanich, 2006).

$$\text{Min } L_p = [\sum_{k=1}^n |Z_k^* - Z_k|^p]^{1/p} \dots\dots\dots (1)$$

Nilai p adalah  $1 \leq p \leq \infty$ ,  $Z_k^*$  adalah nilai ideal dari k, dan  $k = 1, 2, 3, \dots, n$ .  $Z_k$  merupakan nilai turunan K dari pilihan yang dievaluasi. Secara detail dapat pula dijabarkan dalam Persamaan 2.

$$\text{Min } L = \text{Min} \left[ W_1^p \left( \frac{SRW^b - SRW}{SRW^b - SRW^w} \right)^p + W_2^p \left( \frac{SRD^b - SRD}{SRD^b - SRD^w} \right)^p + W_3^p \left( \frac{D_0^b - D_0}{D_0^b - D_0^w} \right)^p \right]^{1/p} \dots (2)$$

Keterangan:

- L = merupakan jarak antara titik ideal ( $SRW^b$ ,  $SRD^b$ ,  $D_0^b$ ) dan ( $SRW$ ,  $SRD$ ,  $D_0$ )
- b, w = menunjukkan *best* dan *worst* (nilai minimum dan maksimum)
- w1, w2, w3 = faktor bobot dan penjumlahan antara w1, w2, w3 adalah 1
- p = parameter  $\geq 1$ , untuk p=1 artinya semua jarak dari titik idealnya adalah mempunyai bobot yang sama. P=2 artinya masing-masing penyimpangan bobot mempunyai proporsi yang besar, untuk p= $\infty$ , menjadi permasalahan minimum maksimum.

*Promethee* adalah suatu metode penentuan urutan (prioritas) dalam MCDA. Permasalahan utama di dalam metode ini adalah kesederhanaan, kejelasan, dan kestabilan. Dugaan dari dominasi kriteria yang digunakan dalam *Promethee* adalah penggunaan nilai dalam hubungan *outranking*. Padametode ini, semua parameter yang dinyatakan mempunyai pengaruh nyata menurut pandangan ekonomi.

Dalam *Promethee* terdapat enam bentuk fungsi preferensi kriteria. Meskipun tidak bersifat mutlak, namun bentuk-bentuk ini cukup baik untuk beberapa kasus. Untuk memberikan gambaran yang lebih baik terhadap area yang tidak sama, digunakan fungsi selisih nilai kriteria antara alternatif H (d), dimana hal ini mempunyai hubungan langsung dengan fungsi preferensi P (Brans & Vincke, 1985) seperti yang terlihat pada Persamaan 2 (Novaliendry, 2009).

$$\left. \begin{array}{l} \forall a, b \in A \\ f(a), f(b) \end{array} \right\} \begin{array}{l} f(b) > f(a) \Leftrightarrow aPb \\ f(a) = f(b) \Leftrightarrow aIb \end{array} \dots\dots\dots (3)$$

### III. METODOLOGI

Simulasi dan penilaian prioritas pengembangan lahan irigasi ini dilakukan dengan menggunakan metode MCDA melalui pendekatan AHP untuk penentuan bobot masing-masing kriteria dan dilanjutkan dengan metode CP dan *Promethee*

untuk menentukan ranking prioritas pengembangan daerah irigasinya.

Optimasi pengembangan lahan irigasi akan dinilai berdasarkan dimensi intensifikasi dan ekstensifikasi, selanjutnya masing-masing dimensi tersebut baik intensifikasi maupun ekstensifikasi akan dianalisa dari sisi produksi dan investasi biayanya yang dalam hal ini disebut dengan kriteria, dimana masing-masing kriteria tersebut mempunyai sub kriteria yang akan menjadi komponen penilaian dan pembobotan untuk analisa dalam penelitian ini seperti yang disajikan dalam diagram alir penelitian Gambar 2, dan kriteria yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 5.

#### Tahap 1. Penentuan Pembobotan Masing-Masing Kriteria

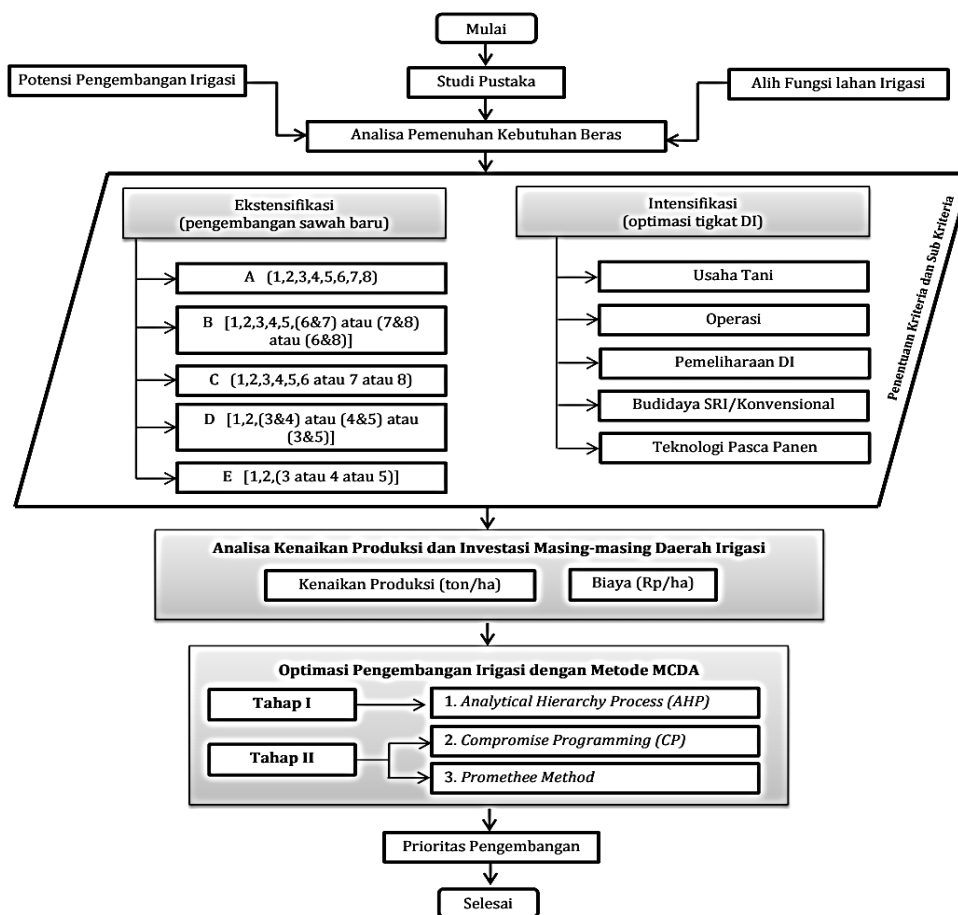
Penentuan prioritas masing-masing kriteria perlu dilakukan untuk melihat kriteria mana yang paling dominan berpengaruh terhadap pengambilan keputusan optimasi pengembangan lahan irigasi. Penentuan prioritas tersebut dilakukan dengan menggunakan aplikasi metode AHP online dalam <http://bpmsg.com/academic/ahphiergini.php?sc=YsEbAq> dengan menilai pembobotan masing-masing kriteria maupun sub kriteria yang dilakukan oleh ahli irigasi dan pertanian melalui *expert judgement*.

Hasil pembobotan dalam AHP tersebut digunakan untuk penentuan prioritas dan peringkat daerah irigasi, nilai prioritas yang telah ditetapkan dalam AHP digunakan dalam menghitung bobot yang akan digunakan untuk menentukan peringkat prioritas pengembangan masing-masing DI menggunakan CP dan *Prometee*.

#### Tahap 2. Penentuan Peringkat Prioritas Pengembangan Daerah Irigasi.

Penentuan peringkat prioritas pengembangan lahan irigasi yang berada pada wilayah Provinsi Sulawesi Selatan menggunakan metode CP dan *Prometee*, apakah hasil prioritas yang diperoleh dari kedua metode tersebut saling mendukung dan melengkapi atau bahkan sebaliknya.

Penentuan peringkat dalam CP dimulai dengan menyusun tabel input dengan memasukkan nilai masing-masing sub kriteria berdasarkan pilihan alternatif lokasi daerah irigasi (Tabel 5). Input data dalam penelitian ini beragam, yaitu berupa data kualitatif dan kuantitatif, untuk data kualitatif terlebih dahulu dikonversi kedalam nilai angka dengan range nilai 1 sampai 5, dengan nilai 5 sangat baik dan 1 adalah kondisi buruk (Brans & Vinke, 1985).



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Tabel 5 Kriteria Analisa dalam Penelitian

Dimensi	Kriteria	Sub Kriteria	Satuan	Goal Type	
Intensifikasi	Produksi	Luas Daerah Irigasi	ha	Maximize	
		Water Productivity	kg/m <sup>3</sup>	Maximize	
		Indeks Kinerja DI	%	Maximize	
		Kenaikan Produksi akibat Pemakaian Bibit Unggul	ton/ha	Maximize	
		Teknologi Pasca Panen		Maximize	
	Biaya Investasi (Faktor Ekonomi)	Potensi Alih Fungsi			Minimize
		Partisipasi/Kelembagaan P3A			Maximize
		Cara Tanam (SRI/Konvensional)			Maximize
		Usaha Tani	Rp/ha	Minimize	
		Biaya Operasi Irigasi	Rp/ha	Minimize	
Ekstensifikasi	Produksi	Biaya Pemeliharaan Sarana dan Prasarana	Rp/ha	Minimize	
		Syarat Pengembangan lahan irigasi:			
		1. Tanah (kesuburan tanah)	ya/tidak	Maximize	
		2. Ketersediaan Air	ya/tidak	Maximize	
		3. Bebas Banjir/genangan	ya/tidak	maximize	
		4. Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW)	ya/tidak	Maximize	
		5. Hambatan Status Lahan	ya/tidak	Maximize	
		6. Petani Penggarap	ya/tidak	Maximize	
	7. Potensi Desa (IPM)	ya/tidak	Maximize		
	8. Infrastruktur (sarana pemasaran)	ya/tidak	Maximize		
Dukungan Pemerintah Daerah terkait proses perijinan (administrasi)	mudah-sulit	Maximize			
Potensi Alih Fungsi Irigasi	tinggi-rendah	Minimize			
Biaya Investasi (Faktor Ekonomi)	Biaya Perluasan dan pembukaan lahan	milyar Rp/ha	Minimize		
	Penyediaan Sarana Prasarana	milyar Rp/ha	Minimize		

Data *input* disajikan dalam tabel matrik berpasangan yang menyajikan alternatif bobot pada kriteria dan sub kriteria hasil pembobotan menggunakan metode AHP yang telah dilakukan. Langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah dengan menghitung nilai L (jarak titik ideal) untuk masing-masing komponen alternatif dalam sub kriteria dengan menggunakan rumus sesuai dengan Persamaan 1 dan 2 untuk menentukan peringkat DI.

Tidak jauh berbeda dengan CP, prinsip dari metode *Promethee* adalah membuat perbandingan berpasangan terhadap seluruh alternatif dari masing-masing kriteria yang disyaratkan dalam penelitian ini. Adapun secara rinci, proses analisa dengan metode *Promethee* ini adalah sebagai berikut:

- a. Membangun tabel input dan mengisi nilai pada masing-masing sub kriteria tiap alternatif lokasi daerah irigasi yang digunakan dalam penelitian.
- b. Menentukan jenis tipe (bentuk fungsi) preferensi kriteria dalam metode *Promethee*, dalam penelitian ini, 4 bentuk preferensi yang digunakan yaitu tipe (I) kriteria biasa (*usual criterion*), tipe (II) kriteria Quasi (*Quasi Criterion*), tipe (III) kriteria dengan preferensi Linier dan tipe (4) kriteria level (*level criterion*).
- c. Membangun tabel *outranking promethee* dengan telah menggunakan batasan tipe preferensi yang digunakan untuk masing-masing kriteria.
- d. Menentukan nilai perbandingan masing-masing kriteria.
- e. Menilai bobot masing-masing alternatif untuk menentukan rangking prioritas Daerah irigasi yang dinilai untuk intensifikasi dan ekstensifikasi.

Menilai bobot masing-masing alternatif untuk menentukan rangking prioritas Daerah irigasi yang dinilai untuk intensifikasi dan ekstensifikasi, dengan menentukan nilai  $\phi +$  dan  $\phi -$ , nilai  $\phi -$  merupakan rerata kolom sedangkan  $\phi +$  merupakan rerata baris masing-masing alternatif. Peringkat akhir Daerah Irigasi untuk optimasi pengembangan lahan irigasi yang dinyatakan dengan  $\phi = (\phi+) - (\phi-)$ . Nilai  $\phi$  yang lebih besar mempunyai peringkat lebih baik, demikian pula untuk nilai positif, sedangkan nilai minus (negatif) menunjukkan sebaliknya (Brans & Vincke, 1985).

Hasil analisa dalam metodologi ini diharapkan mampu menunjukkan pilihan optimasi terbaik untuk pengembangan lahan irigasi apakah

sebaiknya menggunakan ekstensifikasi atau intensifikasi. Hasil analisa tersebut adalah hasil daerah irigasi yang paling optimal untuk dikembangkan sebagai alternatif kebijakan pengambilan keputusan terkait dengan usaha menaikkan produksi beras untuk mendukung ketahanan pangan. Langkah selanjutnya untuk dapat menentukan skenario pengembangan daerah irigasi, dihitung berapa besar tingkat produksi yang akan diperoleh serta investasi yang harus disiapkan untuk pelaksanaan skenario tersebut.

Ada beberapa hal yang harus digarisbawahi dalam penentuan nilai maksimum alternatif yang masing-masing kriteria dalam skenario optimasi pengembangan lahan irigasi, antara lain:

- a) Peningkatan produksi dalam program intensifikasi dihitung selisih peningkatan Indeks Pertanaman (IP) eksisting sampai dengan IP 225%, atau dihitung maksimum 1 kali tanam dalam 1 daerah irigasi.
- b) Investasi biaya pada program intensifikasi adalah pembiayaan OP dan rehabilitasi jaringan irigasi serta biaya usaha tani.
- c) Ekstensifikasi lahan irigasi dilakukan dengan cara melakukan pencetakan sawah baru atau dengan melakukan pengembangan luas daerah irigasi yang masih belum tercakup dalam luas sawah fungsional, saat ini pengembangan lahan irigasi tersebut merupakan bagian dari luas lahan potensial yang belum disawahkan, sehingga bisa jadi lahan yang akan dikembangkan merupakan lahan yang sudah ada dalam rencana jaringan irigasi termasuk saluran sekunder yang belum terbangun sampai dengan jaringan tersiernya, serta mempertimbangkan ketersediaan air.
- d) Ekstensifikasi lahan irigasi di Provinsi Sulawesi Selatan harus memenuhi syarat bahwa lahan tersebut masuk ke dalam lahan yang berpotensi sedang sampai dengan sangat tinggi pada peta zonasi potensi pengembangan lahan irigasi
- e) Lahan ekstensifikasi merupakan lahan yang sebelumnya telah menjadi sawah, baik sawah tadah hujan maupun lahan terbuka yang telah siap menjadi sawah, atau merupakan hasil pencetakan lahan tersier yang dilakukan oleh Kementerian Pertanian yang belum ada jaringan irigasi tersiernya.
- f) Investasi biaya pada ekstensifikasi merupakan biaya konstruksi irigasi, meliputi biaya perluasan dan pembukaan lahan, pembangunan sarana dan prasarana baru (jaringan irigasi sampai dengan tersier) serta biaya usaha tani.

- g) Biaya perluasan dan pembukaan lahan sesuai dengan standar biaya dalam pedoman teknis pengembangan optimasi lahan tahun 2015 sebesar Rp 1.200.000/ha, sedangkan biaya penyediaan sarana dan prasarana dihitung berdasarkan panjang saluran dan jumlah bangunan yang akan dibangun yang dihitung sesuai dengan peta zonasi potensi pengembangan lahan irigasi dan kontur lahan yang ada.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan bobot masing-masing kriteria produksi dan investasi biaya untuk intensifikasi maupun ekstensifikasi dilakukan dengan metode AHP. Hasil pembobotan kriteria, penentuan prioritas dan peringkat dalam optimasi pengembangan lahan irigasi menunjukkan bahwa peringkat tertinggi dalam optimasi pengembangan lahan irigasi adalah faktor produksi (ekstensifikasi) dengan bobot kriteria (0,304), peringkat kedua adalah faktor produksi (intensifikasi) dengan bobot (0,273), serta kriteria investasi biaya (intensifikasi) dan ekstensifikasi, masing-masing dengan bobot (0,222) dan (0,200).

**Tabel 6** Peringkat Kriteria Optimasi Pengembangan Lahan Irigasi Menggunakan AHP

	Kategori	Prioritas	Peringkat
1	Produksi (Intensifikasi)	27,3%	2
2	Investasi Biaya (Intensifikasi)	22,2%	3
3	Produksi (Ekstensifikasi)	30,4%	1
4	Investasi Biaya (Ekstensifikasi)	20,0%	4

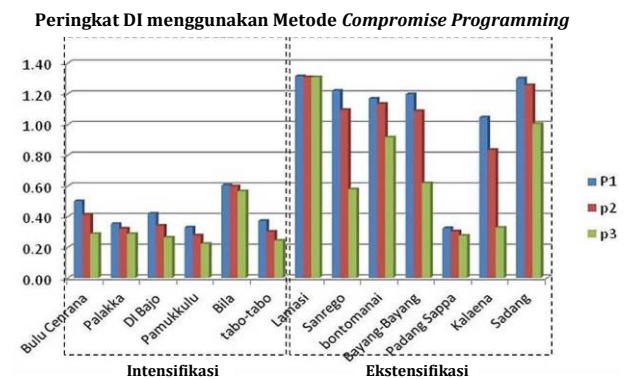
\*Consistency Ratio CR: 0,4%

Faktor produksi pada ekstensifikasi mempunyai nilai tertinggi dan menjadi peringkat pertama dalam prioritas pengembangan lahan irigasi, artinya adalah jika dibandingkan dengan produksi (intensifikasi), maka produksi pada ekstensifikasi ini masih merupakan prioritas terbaik dalam pengembangan lahan irigasi. walaupun harus mempertimbangkan investasi biaya yang harus dikeluarkan.

Peringkat dan nilai prioritas tersebut selanjutnya digunakan sebagai bobot kriteria sebagai faktor pengali dalam penentuan ranking daerah irigasi dengan menggunakan metode CP dan *Promethee*. Hasil perhitungan menggunakan metode CP berdasarkan Persamaan (1) dan (2) dengan nilai p adalah 1, 2 dan 10, dimana p1 adalah p=1, p2 adalah p=2 dan p3 adalah p=10.

Nilai P merupakan nilai faktor pemangkatan dengan nilai p adalah  $1 \leq p \leq \infty$ . Hasil penentuan

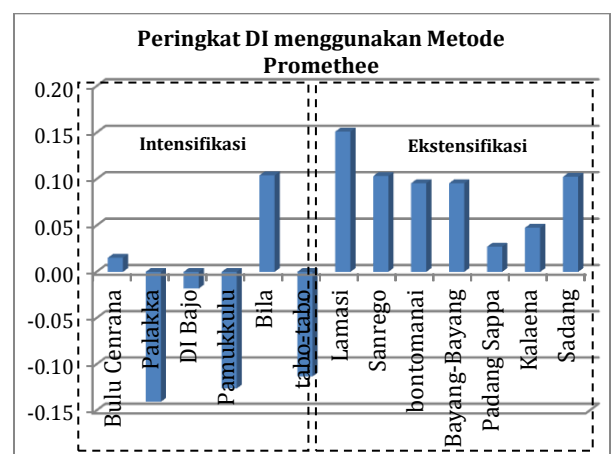
peringkat optimasi daerah irigasi menggunakan metode CP tersebut menunjukkan bahwa optimasi terbaik di Sulawesi Selatan adalah dengan program ekstensifikasi pengembangan lahan irigasi. Adapun hasil secara rinci disajikan dalam dan Gambar 3.



**Gambar 3** Grafik Peringkat DI Menggunakan Metode *Compromise Programming*

Penentuan peringkat optimasi pengembangan lahan irigasi juga dilakukan dengan menggunakan metode *Promethee*. Perhitungan ini dilakukan dengan cara membuat perbandingan preferensi berpasangan terhadap seluruh alternatif dari masing-masing kriteria yang disyaratkan dalam penelitian berdasarkan Persamaan (3), sehingga mendapatkan nilai  $\phi$ . Nilai  $\phi$  yang lebih besar mempunyai peringkat lebih baik, demikian pula untuk nilai positif, sedangkan nilai minus (negatif) menunjukkan sebaliknya (Brans & Vincke, 1985).

Hasil analisa dan perhitungan menggunakan metode *Promethee* memberikan hasil bahwa peringkat terbaik untuk optimasi pengembangan lahan irigasi di Provinsi Sulawesi Selatan adalah dengan program ekstensifikasi lahan irigasi dengan peringkat terbaik adalah DI Lamasi, Sanrego dan Sadang. Adapun peringkat DI secara detail disajikan dalam Gambar 4.



**Gambar 4** Grafik Peringkat DI Menggunakan Metode *Promethee*

Hasil penentuan peringkat pengembangan lahan irigasi ditinjau dari perbandingan dimensi antara intensifikasi dan ekstensifikasi menggunakan 2 metode analisa yang berbeda yaitu CP dan *Promethee*, keduanya menunjukkan hasil bahwa skenario terbaik pengembangan lahan irigasi di Sulawesi Selatan adalah dengan program ekstensifikasi lahan irigasi.

Kedua metode yang digunakan memberikan hasil yang hampir seragam, oleh karena itu berdasarkan grafik prioritas pengembangan lahan irigasi pada Gambar 5 dapat disimpulkan bahwa ranking prioritas daerah irigasi terbaik adalah program ekstensifikasi lahan irigasi, dan apabila dituangkan dalam peta zonasi potensi pengembangan lahan irigasi, maka dapat dilihat pada Gambar 6.

Langkah selanjutnya yang dilakukan setelah mengetahui bahwa ekstensifikasi adalah skenario terbaik dalam optimasi pengembangan lahan irigasi adalah melakukan analisa kenaikan produksi dan investasi biaya dari program terpilih dalam kombinasi lokasi daerah irigasi yang ada.

Simulasi produksi dan investasi biaya dilakukan sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Hal-hal yang menjadi dasar kenaikan dan faktor pengaruh paling nyata terhadap kenaikan produksi pada intensifikasi adalah IP dan indeks kinerja.

IP berpengaruh secara langsung terhadap produktivitas lahannya, sedangkan indeks kinerja berpengaruh terhadap kondisi sarana dan prasarana, yang berpengaruh langsung terhadap distribusi air ke lahan sampai dengan petak tersier terjauh.

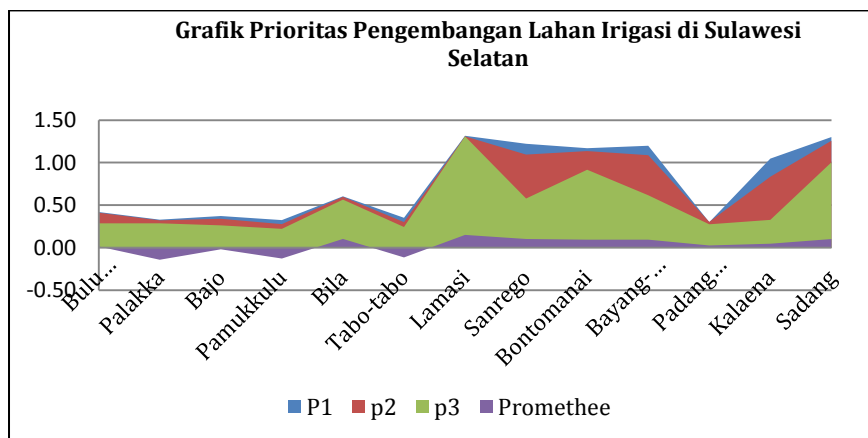
Perhitungan kenaikan produksi pada intensifikasi dihitung berdasarkan kenaikan IP dengan batasan kenaikan IP sampai dengan 225%. Angka IP 225% merupakan IP target yang akan dicapai dalam

proses intensifikasi. Penentuan batas maksimum target kenaikan IP sampai dengan 225% dikarenakan faktor pemberian dan ketersediaan air untukantisipasi kekurangan air dan tidak sampainya air dari hulu ke hilir.

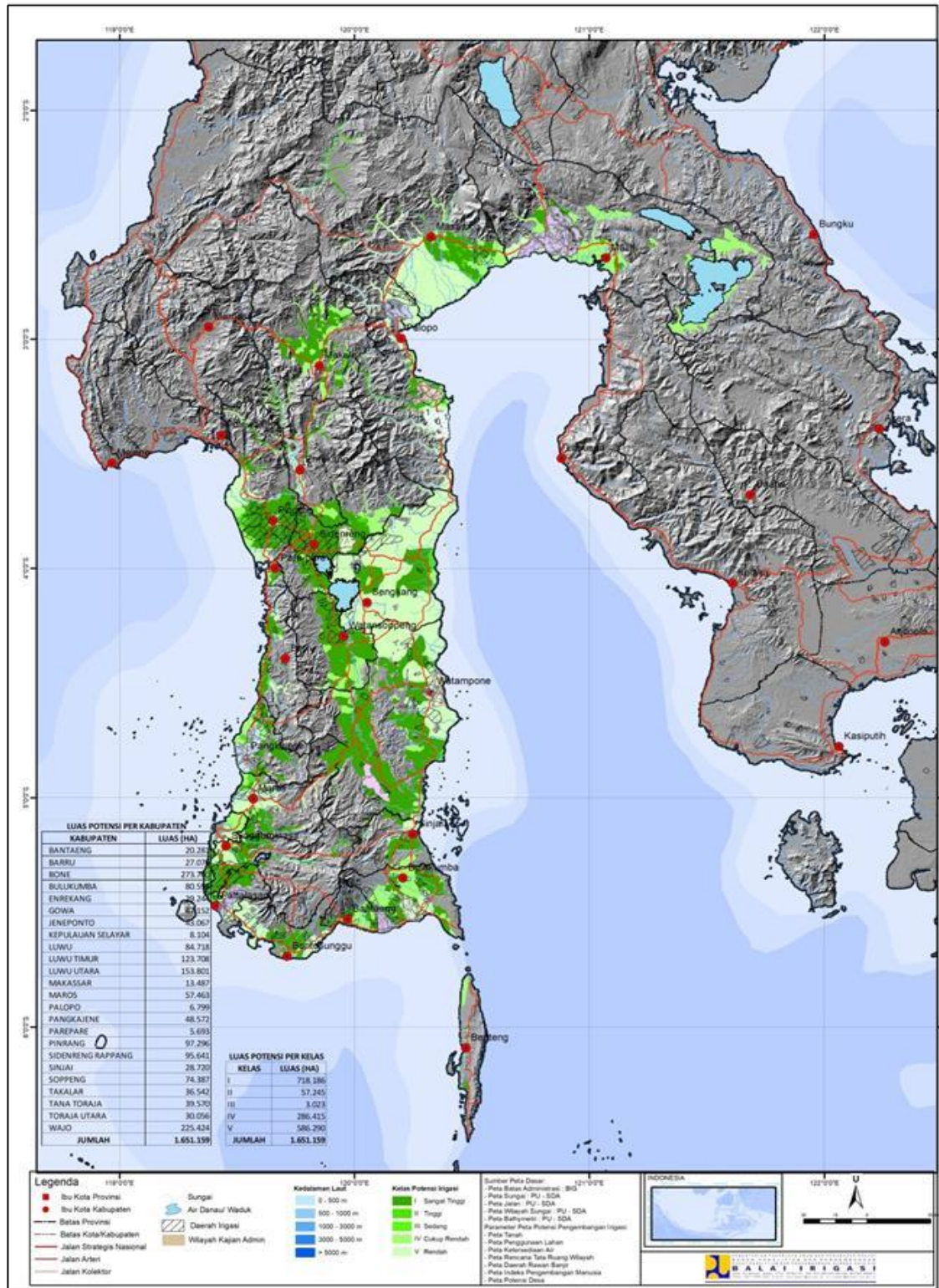
Berdasarkan analisa simulasi produksi dan investasi, didapatkan hasil bahwa biaya investasi yang harus dikeluarkan untuk intensifikasi lahan irigasi kajian di Provinsi Selatan rata-rata Rp 6.100.000/ha dengan kenaikan produksi rata-rata dari intensifikasi lahan irigasi tersebut adalah 2,28 ton/ha dengan harga investasi per produksi sebesar Rp 2.680.000/ton. Dengan kata lain harga investasi tersebut dapat digunakan sebagai acuan harga optimalisasi intensifikasi lahan irigasi apabila akan melakukan program intensifikasi lahan irigasi.

Kenaikan produksi akibat ekstensifikasi lahan irigasi ini dipengaruhi oleh luas rencana lahan yang akan dikembangkan (sawah baru). Luas sawah yang dikembangkan berbanding lurus dengan kenaikan produksi yang diperoleh. Sehingga untuk mendapatkan kenaikan produksi yang tinggi dapat dilakukan pencetakan sawah yang luas.

Total investasi biaya yang dikeluarkan untuk ekstensifikasi lahan irigasi rata-rata diperkirakan Rp 105,6 juta/ha yang dapat digunakan sebagai dasar penganggaran penentuan lahan pengembangan lahan irigasi ke depan, dengan kenaikan produksi yang dihasilkan dari ekstensifikasi lahan irigasi di Provinsi Sulawesi Selatan ini adalah 5,02 ton/ha, dengan harga investasi per produksi untuk program ekstensifikasi lahan irigasi ini adalah Rp 10,51 juta/ton. Investasi tersebut adalah investasi awal untuk pengembangan irigasi baru, untuk tahun selanjutnya, investasi yang dikeluarkan adalah biaya operasi dan pemeliharaan serta usaha tani, seperti pada program intensifikasi irigasi.



Gambar 5 Prioritas Pengembangan Lahan Lahan Irigasi di Provinsi Sulawesi Selatan



Gambar 6 Peta Optimasi Pengembangan Lahan Irigasi

## V. KESIMPULAN

Skenario terbaik dalam upaya meningkatkan produksi beras nasional melalui optimasi menggunakan metode MCDA di Provinsi Sulawesi Selatan adalah dengan menerapkan ekstensifikasi, dengan syarat bahwa lahan yang akan

kembangkan merupakan lahan berpotensi sangat tinggi dalam peta potensi pengembangan lahan irigasi.

Nilai total investasi yang diperlukan untuk menerapkan program ekstensifikasi tersebut adalah Rp 105,6 juta/ha, yang merupakan

investasi awal dalam penerapan program ekstensifikasi. Kenaikan produksi melalui penerapan ekstensifikasi di Provinsi Sulawesi Selatan ini adalah 5,02 ton/ha, sehingga harga investasi per produksi untuk ekstensifikasi lahan irigasi ini adalah Rp 10,51 juta/ton.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ketua Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air, Institut Teknologi Bandung yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian naskah ini serta Balai Litbang Irigasi yang telah memberikan akses data zonasi pengembangan lahan irigasi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kepala Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Sulawesi Selatan, BBWS Pompengan Jeneberang serta Bappeda Provinsi Sulawesi Selatan yang telah memberikan data teknis irigasi Provinsi Sulawesi Selatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Balai Irigasi. (2015). *Laporan Penelitian Zonasi dan Alih Fungsi Lahan Irigasi*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. (2015). Laju Pertumbuhan Penduduk menurut Provinsi. Diperoleh 20 April 2017, dari <https://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1268>
- Brans, J.P. & Vincke, P.H. (1985). A preference ranking organization method (the promethee method for multiple criteria decision making). *Management Science*, 31(6).
- Browne, D., O'Regan, B., & Moles, R. (2009). Use of multi criteria decision analysis to explore alternative domestic energy and electricity policy scenarios in an Irish city-region. *Energy*, 35(2), 518-528.
- Corral, S., Romero Manrique de Lara, D., Tejedor Salguero, M., Jimenez Mendoza, C.C., Legna-de la Nuez, D., Dorta Santos, M., & Díaz Peña, F. (2016). Assesing jatropa crop production alternatives in abandoned agricultural arid soils using MCA and GIS. *Sustainability*, 8(6), 505. <https://doi.org/10.3390/su8060505>
- Direktorat Perluasan dan Pengelolaan Lahan. (2015). *Pedoman Teknis Pengembangan Optimasi Lahan TA 2015 PT. PSP A-3-1.2015*. Jakarta: Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian, Kementerian Pertanian.
- [Kementerian PUPR] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2015). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 14 /PRT/M/2015 tentang Kriteria dan Penetapan Status Daerah Irigasi. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 638.
- Muqorrobin, M., Utaminingsih, W. & Agustina, D.A. (2013). Fenomena alih fungsi lahan irigasi terhadap produksi padi di Pulau Jawa. Dalam *Prosiding Kolokium Puslitbang Sumber Daya Air 2013*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2012). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 227.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2015 tentang Ketahanan Pangan dan Gizi*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 60.
- Pongthanapanich, T. (2006). *Optimal Coastal Land Use and Management in Krabi, Thailand: Compromise Programming Approach* (Working Paper, Department of Environmental and Business Economics No. 67/06). Denmark: University of Southern Denmark.
- Ritung, S. & Suharta, N. (2007). Sebaran dan Potensi Pengembangan Lahan Sawah Bukaak Baru. Dalam *Sawah Lahan Bukaak Baru* (pp. 5-24). Bogor: Balai Penelitian Tanah Badan Litbang pertanian Kementerian Pertanian. Diperoleh dari <http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/en/publikasi-mainmenu-78/24-buku/849-baru>
- Shiau, J.T., & Wu, F.C. (2006). Compromise programming methodology for determining instream flow under multiobjective water allocation criteria. *Journal of the American Water Resources Association*, Oktober, 1179-1191.
- Sjioen, R.E. (2015). *Analisa Indeks Kinerja Dalam Rehabilitasi Daerah Irigasi Pungkit Kecamatan Lopok Kabupaten Sumbawa Dengan Menggunakan Software PDSDA-PAI Versi 1.0*. (Skripsi). Universitas Brawijaya, Malang.
- Sudono, I., Utaminingsih, W. & Lestari, S. (2013). Pengelompokan produksi padi nasional dengan pendekatan data mining konsep K-Means. *Jurnal Irigasi*, 8(2), 72-89.
- Utaminingsih, W., Sofiyuddin, H.A., & Joubert, M.D. (2015). Identifikasi pengganti lahan irigasi terkonversi untuk mendukung kedaulatan pangan nasional. Dalam *Prosiding Kolokium Puslitbang Sumber Daya Air 2015*. Bandung: Pusat Litbang Sumber Daya Air Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum.