

# METODOLOGI BARU UNTUK PERENCANAAN PENGGUNAAN LAHAN INDUSTRI BODISEL BERKELANJUTAN DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITME GENETIKA TUJUAN JAMAK

Firdaus Prawiradisastra<sup>1)</sup>, Yandra Arkeman<sup>2)</sup>, Agus Buono<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Departemen Ilmu Komputer Institut Pertanian Bogor

<sup>2)</sup> Departemen Teknologi Industri Pertanian Bogor  
Jl. Raya Darmaga, Jawa Barat 16680

Email : [firdaus.prawiradisastra@gmail.com](mailto:firdaus.prawiradisastra@gmail.com)<sup>1)</sup>, [yandra\\_ipb@yahoo.com](mailto:yandra_ipb@yahoo.com)<sup>1),2)</sup>, [pudsha@gmail.com](mailto:pudsha@gmail.com)<sup>3)</sup>

## Abstrak

*Permasalahan Penggunaan lahan biodisel merupakan permasalahan yang kompleks, pada tulisan ini dilakukan percobaan untuk menguji permasalahan perencanaan penggunaan lahan biodisel, fungsi tujuan yang akan dilakukan optimasinya ada tiga buah, yaitu faktor keuntungan yang diperoleh dari penelitian Shaygan [1], fungsi penyerapan emisi CO<sub>2</sub> yang diperoleh dari penelitian Datta et al [2] dan fungsi faktor kesuburan tanah diperoleh dari modifikasi rumus Shaygan [1] dan Datta et al [2]. Representasi dari kromosom juga mengikuti dari representasi kromosom pada penelitian Shaygan [1].*

*Pada tulisan ini jenis tanaman biodisel yang digunakan dibatasi sampai 3 jenis tanaman dan jenis lahan dibatasi sampai 4 jenis lahan dan data yang digunakan dalam bentuk numerical example untuk memperlihatkan kemampuan sistem, pengujian dilakukan dengan menggunakan kromosom 2x2. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa permasalahan perencanaan penggunaan lahan merupakan permasalahan yang kompleks yang tidak bisa dicari hanya menggunakan metode pencarian biasa saja. Metode komputasi cerdas algoritme genetika tujuan jamak layak digunakan untuk mengatasi permasalahan ini.*

**Kata kunci:** Penggunaan lahan, biodisel, algoritma genetika.

## 1. Pendahuluan

Genetic Algorithm (Algoritme Genetika) adalah suatu tehnik pencarian dan tehnik optimasi yang cara kerjanya meniru proses evolusi dan perubahan struktur genetik pada makhluk hidup [3], maka dari itu algoritme genetika juga sering disebut sebagai algoritme evolusioner (evolutionary algorithms), pada kasus penelitian ini akan dilakukan apa yang disebut dengan multi-objective optimization atau nama lainnya adalah multi-criteria optimization, merupakan persoalan optimasi dengan fungsi tujuan lebih dari satu yang dimana diantara fungsi-fungsi tersebut akan sangat mungkin terjadi konflik [4].

Penggunaan bahan bakar minyak fosil (BBM) yang secara terus menerus di dunia telah menyebabkan kelangkaan yang harus segera diatasi sehingga perlu diupayakan pengganti BBM dengan sumber yang terbarukan yang berasal dari tanaman atau bioenergi. Bioenergi adalah sumber energi terbarukan yang berpotensi untuk mengurangi emisi karbon dibandingkan dengan energi yang berasal dari fosil. Namun, meningkatkan produksi bioenergi juga bisa menyebabkan land use change (LUC), dimana hal ini dapat meningkatkan emisi CO<sub>2</sub> di atmosfer bumi [5].

Negara Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk menghasilkan bioenergi, karena dari total luas daratan Indonesia yang sekitar 188,20 juta ha, lahan yang cocok untuk dijadikan lahan pertanian adalah mencapai 100,80 juta ha [6]. Maka perencanaan penggunaan lahan yang baik dan optimal menjadi sangat diperlukan dalam meningkatkan produktifitas bioenergi di Indonesia.

Salah satu tanaman penghasil bioenergi adalah kelapa sawit. Perkebunan kelapa sawit saat ini telah banyak berkembang, tidak hanya oleh perusahaan negara saja, tetapi juga perusahaan swasta dan perkebunan rakyat [7]. menurut [7], [8] Indonesia adalah penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Oleh karena itu perencanaan penggunaan lahan untuk biodisel menjadi penting dilakukan, karena untuk mencapai tujuan yang tidak hanya mementingkan faktor ekonomi saja, tetapi juga faktor kelestarian lingkungan.

Penggunaan lahan yang baik dan tepat juga dapat membantu pembangunan ekonomi. Perencanaan penggunaan lahan diperlukan untuk mendapatkan penggunaan lahan yang optimal. Permasalahan penggunaan lahan merupakan permasalahan yang kompleks, dibutuhkan tehnik komputasi cerdas untuk menyelesaikan persoalan perencanaan penggunaan lahan yang optimal [1].

Algoritme genetika telah digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penggunaan lahan. Datta et al. (2007) [#datta] menggunakan multi-objective evolutionary algorithm (MOEA) untuk menyelesaikan

alokasi penggunaan lahan. Shaygan et al. (2014) [1] juga menggunakan algoritme genetika non-dominated sorting genetic algorithm (NSGA-II) untuk optimasi tujuan jamak spasial pada alokasi penggunaan lahan.

Tujuan dari tulisan ini adalah untuk mengetahui dan membuktikan bahwa permasalahan perencanaan penggunaan lahan biodisel di Indonesia sudah tepat jika menggunakan algoritme genetika. Karena hal ini akan menjadi dasar bagi penulis untuk melakukan riset selanjutnya bahwa permasalahan tujuan jamak pada penggunaan lahan dapat diselesaikan dengan algoritme genetika tujuan jamak.

## 2. Metodologi

Pada tulisan ini fungsi tujuan yang akan dilakukan optimasinya ada tiga buah, yaitu faktor keuntungan yang diperoleh dari penelitian Shaygan [1], fungsi faktor penyerapan emisi CO<sub>2</sub> yang diperoleh dari penelitian Datta et al [2] dengan modifikasi dan fungsi faktor kesuburan tanah diperoleh dari modifikasi rumus Shaygan [1] dan Datta et al [2]. Representasi dari kromosom juga mengikuti dari representasi kromosom pada penelitian Shaygan [1] Dan pada tulisan ini jenis tanaman yang digunakan dibatasi sampai 3 jenis tanaman Biodisel dan jenis lahan dibatasi sampai 4 jenis lahan dan data yang digunakan dalam bentuk numerical example untuk memperlihatkan kemampuan sistem.

### 2.1 Fungsi faktor keuntungan

Dalam formulasi fungsi ini,  $Z_1$  didefinisikan sebagai memaksimalkan faktor keuntungan, dimana  $Ec_{lu,i,j}$  adalah faktor keuntungan dari penggunaan lahan  $lu$  yang diaplikasikan pada unit  $(i, j)$   $R_u$  adalah jumlah nya baris pada unit penggunaan lahan dan  $C$  adalah jumlah kolom dari unit penggunaan lahan.

$$Z1 = Max \sum_{lu=1}^{LU} \sum_{i=1}^{Ru} \sum_{j=1}^{Cu} Ec_{lu,i,j}$$

### 2.2 Fungsi faktor penyerapan CO<sub>2</sub>

Dalam formulasi fungsi ini,  $Z_2$  didefinisikan sebagai memaksimalkan faktor penyerapan CO<sub>2</sub>, dimana  $Car_{lu,i,j}$  adalah faktor penyerapan CO<sub>2</sub> dari penggunaan lahan  $lu$  yang diaplikasikan pada unit  $(i, j)$   $R_u$  adalah jumlah nya baris pada unit penggunaan lahan dan  $C$  adalah jumlah kolom dari unit penggunaan lahan.

$$Z2 = Max \sum_{lu=1}^{LU} \sum_{i=1}^{Ru} \sum_{j=1}^{Cu} Car_{lu,i,j}$$

### 2.3 Fungsi faktor kesuburan tanah

Dalam formulasi fungsi ini,  $Z_3$  didefinisikan sebagai memaksimalkan faktor keuntungan, dimana  $Kes_{lu,i,j}$  adalah faktor keuntungan dari penggunaan lahan  $lu$  yang diaplikasikan pada unit  $(i, j)$   $R_u$  adalah jumlah nya baris pada unit penggunaan lahan dan  $C$  adalah jumlah kolom dari unit penggunaan lahan

$$Z3 = Max \sum_{lu=1}^{LU} \sum_{i=1}^{Ru} \sum_{j=1}^{Cu} Kes_{lu,i,j}$$

### 2.4 Non-dominated sorting

Dalam sebuah optimasi tujuan jamak, terdapat beberapa fungsi objektif (*fitness function*) yang akan diminimumkan atau dimaksimalkan. Pada kasus dalam paper ini terdapat tiga buah fungsi objektif yang akan dimaksimalkan. Tidak seperti optimasi satu buah objektif yang hanya satu buah solusi saja yang dihasilkan, optimasi dengan tujuan jamak berisi beberapa solusi yang mungkin. Non-dominated sorting digunakan untuk menentukan solusi masalah tujuan jamak [9]. Sebagai penjelasan, dominasi antara dua buah solusi dapat didefinisikan sebagai berikut [9] :

Sebuah solusi  $X1$  dikatakan mendominasi solusi lain  $X2$  jika dua buah kondisi berikut terpenuhi kebenarannya.

1. Solusi dari  $X1$  tidak lebih buruk dari solusi  $X2$  pada semua nilai fungsi objektifnya.
2. Solusi dari  $X1$  benar-benar lebih baik dari solusi  $X2$  setidaknya pada satu fungsi objektif.

### 2.4 Representasi kromosom

Representasi kromosom yang digunakan adalah yang diusulkan oleh Datta et al.(2007) [2]. Dimana secara matematik dituliskan sebagai berikut :

$$Ch = [lu_{ij}^u] R_u . C_u$$

Dimana  $lu$  adalah penggunaan lahan yang diaplikasikan sampai unit ke  $(i, j)$ ,  $R_u$  adalah jumlah total bari pada unit penggunaan lahan dan  $C$  adalah jumlah total kolom pada unit penggunaan lahan. Berikut ini adalah gambar contoh representasi kromosom 5 baris 6 kolom.

A	A	B	B	B	C
A	A	C	C	C	C
A	A	C	D	D	C
B	B	B	D	D	E
B	B	E	E	E	E

Gambar 1. Representasi Kromosom

Pada bagian pertama paper ini fungsi fitness dihitung dengan cara manual. Data yang digunakan untuk

perhitungan fungsi fitness dalam bentuk *numerical example* dapat dilihat pada tabel 1 (untuk faktor keuntungan), tabel 2 (untuk penyerapan karbon) dan tabel 3 (kesuburan tanah). Pada bagian pertama paper ini fungsi fitness dihitung dengan cara manual. Data yang digunakan untuk perhitungan fungsi fitness dalam bentuk *numerical example* dapat dilihat pada tabel 1 (untuk faktor keuntungan), tabel 2 (untuk penyerapan karbon) dan tabel 3 (kesuburan tanah).

**Tabel 1. Faktor Keuntungan**

Economic Return							
Land Type 1	Land Type 2	Land Type 3	Land Type 4	Land Type 5			
A	10	A	3	A	30	A	14
B	15	B	21	B	21	B	1
C	7	C	22	C	28	C	24

**Tabel 2. Penyerapan Karbon**

Penyerapan Carbon							
Land Type 1	Land Type 2	Land Type 3	Land Type 4	Land Type 5			
A	499	A	227	A	102	A	327
B	78	B	230	B	200	B	286
C	324	C	168	C	103	C	88

**Tabel 3. Kesuburan Tanah**

Kesuburan Tanah							
Land Type 1	Land Type 2	Land Type 3	Land Type 4	Land Type 5			
A	3000	A	4325	A	7230	A	1405
B	5000	B	3346	B	7230	B	4320
C	3500	C	7455	C	5565	C	5400

Contoh hasil perhitungan nilai fitness salah satu kromosom dapat dilihat pada gambar 2.

Kromosom ke 6	
A	A
B	C
5	5
Faktor Keuntungan	
14	14
1	24
Total	53
Penyerapan CO2	
91	91
103	79
Total	364
Kesuburan Tanah	
2275	2275
4545	1230
Total	10325

**Gambar 2. Nilai Salah Satu Kromosom**

### 3. Hasil dan Pembahasan

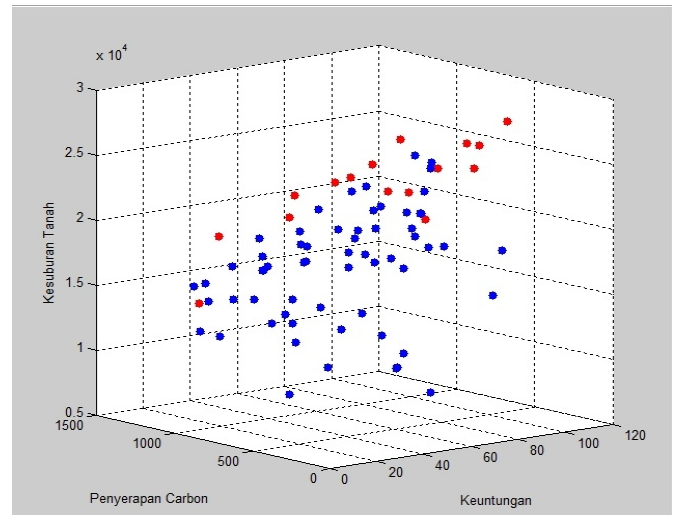
Setelah dilakukan perhitungan terhadap semua individu yang mungkin (*all possible search*) didapatkan 81 kombinasi kromosom dengan nilai keuntungan, penyerapan karbon dan tingkat kesuburan tanah seperti terlihat pada tabel 4. Dari tabel 4 tersebut dicari solusi-*non-dominated sort* nya menggunakan program komputer yang penulis buat, algoritma programnya penulis rujuk dari buku yang ditulis oleh Kalyanmoy Deb [9], hasilnya dapat diidentifikasi sejumlah 12 *non-dominated sort* jika dicari pada dua fungsi fitness pertama (Keuntungan dan Penyerapan Karbon) yaitu

individu nomor (3, 7, 10, 12, 16, 18, 42, 44, 51, 53, 58, 77) dan terdapat 17 *non-dominated sort* jika dicari pada ketiga fungsi fitnessnya yaitu nomor (3, 5, 7, 10, 12, 16, 18, 24, 38, 42, 44, 46, 51, 53, 58, 77, 78). Plot semua solusi yang mungkin dan *non-dominated sort* pada dua fungsi fitness pertama dan ketiga fungsi fitness dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4.

**Tabel 4. Hasil Semua Solusi**

No.	Chro	Keuntungan	Penyerapan Karbon	Kesuburan
1	AAAA	38	836	7360
2	AAAB	84	661	22131
3	AAAC	45	1393	17780
4	AABA	35	1231	10810
5	AABB	75	759	22131
6	AABC	53	364	10325
7	AACA	38	1413	12805
8	AACB	38	1008	17505
9	AACC	36	830	13610
10	ABAA	71	1300	20460
11	ABAB	22	1204	15090
12	ABAC	103	602	25261
13	ABBA	50	1154	16000
14	ABBB	66	857	22131
15	ABBC	38	795	11500
16	ABCA	109	507	27255
17	ABCB	54	742	12145
18	ABCC	101	603	23596
19	ACAA	98	374	17965
20	ACAB	81	578	24180
21	ACAC	20	1102	15650
22	ACBA	42	872	14476
23	ACBB	58	592	17621
24	ACBC	69	913	22910
25	ACCA	76	620	19600
26	ACCB	42	1005	12275
27	ACCC	94	376	14635
28	BAAA	19	1067	14375
29	BAAB	39	651	14491
30	BAAC	69	717	21265
31	BABA	26	1226	11450
32	BABB	57	654	13512
33	BABC	27	601	20870
34	BACA	28	856	17150
35	BACB	68	975	18801
36	BACC	60	572	12005
37	BBAA	38	1190	13725
38	BBAB	67	977	22460
39	BBAC	67	855	18472
40	BBBA	40	1029	16311
41	BBBB	72	616	16692
42	BBBC	91	763	19487
43	BBCA	56	1011	16526
44	BBCB	91	763	19487
45	BBCC	65	800	19301
46	BCAA	76	697	26240
47	BCAB	45	831	17391
48	BCAC	80	663	18801

49	BCBA	55	551	21780
50	BCBB	52	558	18500
51	BCBC	86	796	21602
52	BCCA	67	718	19600
53	BCCB	98	606	25590
54	BCCC	77	580	20850
55	CAAA	66	352	8055
56	CAAB	82	662	20466
57	CAAC	83	600	24575
58	CABA	69	1301	18795
59	CABB	68	975	18801
60	CABC	67	718	19600
61	CACA	32	630	19450
62	CACB	72	615	10131
63	CACC	66	573	9265
64	CBAA	51	783	9230
65	CBAB	60	411	21885
66	CBAC	68	793	22581
67	CBBA	35	1015	14225
68	CBBB	63	834	16412
69	CBBC	74	485	18570
70	CBCA	50	633	18471
71	CBCB	68	636	17492
72	CBCC	57	1046	17801
73	CCAA	76	620	19600
74	CCAB	38	1197	16220
75	CCAC	39	1043	18780
76	CCBA	46	769	21500
77	CCBB	92	701	23596
78	CCBC	65	710	24630
79	CCCA	82	506	18415
80	CCCB	39	830	12775
81	CCCC	70	512	25710



Gambar 2. Plot ketiga fungsi fitness beserta non-dominated sort nya

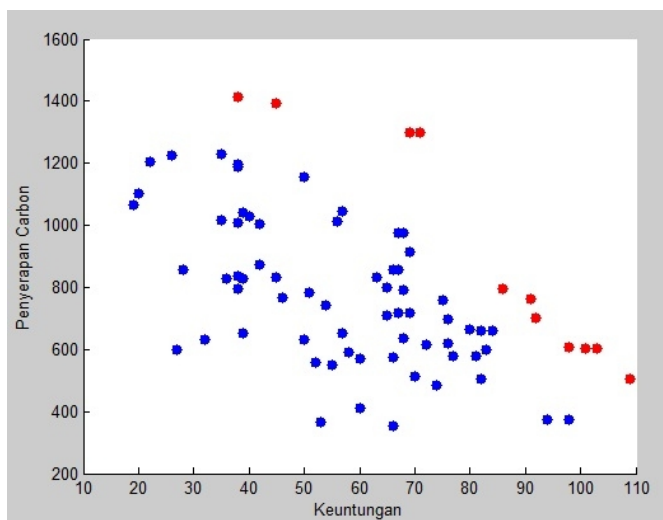
### 3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa permasalahan perencanaan penggunaan lahan biodiesel merupakan permasalahan yang kompleks yang tidak bisa dicari hanya menggunakan metode pencarian biasa saja. Metode komputasi cerdas algoritme genetika tujuan jamak layak digunakan untuk mengatasi permasalahan ini.

Dari hasil percobaan dengan menggunakan numerical example untuk kasus 3 jenis tanaman biodiesel dan 4 jenis tanah didapatkan sebanyak 12 solusi non-dominated pada dua fungsi fitness keuntungan dan penyerapan karbon dan 17 solusi non-dominated pada tiga fungsi fitness (keuntungan, penyerapan karbon dan kesuburan tanah) dari semua kemungkinan solusi yang ada (all possible solutions), dalam hal ini sebanyak 81 solusi. Untuk kelanjutan penelitian ini akan digunakan NSGA-II sebagai alat untuk mencari solusi non-dominated. Kemudian data numerical example akan diganti dengan data primer yang didapatkan dari model keuntungan ekonomi, penyerapan karbon dan kesuburan tanah yang sudah dibangun sebelumnya oleh para peneliti lain atau akan dibangun sendiri dalam penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- [1] M. Shaygan, A. Alimohammadi, A. Mansourian, Z. S. Govara, and S. M. Kalami, "Spatial multi-objective optimization approach for land use allocation using nsga-ii," IEEE, 2014.
- [2] D. Datta, K. Deb, C. M. Fonseca, F. Lobo, and P. Condamo, "Multiobjective evolutionary algorithm for land-use management problem," International Journal Computational Intelligence Research vol.3, 2007..
- [3] Y. Arkeman, K. B. Seminar, and H. Gunawan, ALGORITMA GENETIKA Teori dan Aplikasinya untuk Bisnis dan Industri. IPB Press, 2012..
- [4] Y. Arkeman, Y. Herdiyeni, I. Hermadi, and G. F. Laxmi, ALGORITMA GENETIKA Tujuan Jamak (Multi-Objective Genetic Algorithms): Teori dan Aplikasinya untuk Bisnis dan Agroindustri. IPB Press, 2013.
- [5] M. Wise, E. L. Hodson, B. K. Mignone, L. Clarke, S. Waldhoff, and P. Luckow, "An approach to computing marginal land use



Gambar 3. Plot dua fungsi fitness pertama beserta non-dominated sort nya

- change carbon intensities for bioenergy in policy applications,” ELSEVIER (Science Direct), 2015.
- [6] A. Mulyani and I. Las, “Potensi sumber daya lahan dan optimalisasi pengembangan komoditas penghasil bioenergi di Indonesia,” Jurnal Litbang Pertanian, 2008.
- [7] M.amin, C. Hanum, and Charloq, “Kandungan hara tanah dan tanaman kelapa sawit menghasilkan terhadap pemberian tandan kosong kelapa sawit (tkks) dan kedalaman biopori,” Jurnal Online Agroekoteknologi, 2015.
- [8] E. Astuti, “Pengaruh konsentrasi katalisator dan rasio bahan terhadap kualitas biodiesel dari minyak kelapa,” Jurnal Rekayasa Proses, 2008.
- [9] K. Deb, Multi-Objective Evolutionary Optimisation for Product Design and Manufacturing, L. Wang, A. H. C. Ng, and K. Deb, Eds. Springer London, 2011.

### **Biodata Penulis**

**Firdaus Prawiradisastra S.kom**, memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom), di Jurusan Ilmu Komputer Universitas Pakuan Bogor dan memperoleh predikat lulusan terbaik ilmu komputer, lulus tahun 2011. Saat ini sedang menempun Magister Ilmu Komputer di Institut Pertanian Bogor.

**Dr.Ir. Yandra Arkeman, MEng**, lulus S1 Jurusan Teknologi Industri Pertanian Institut Pertanian Bogor (IPB) tahun 1989. Tahun 1994 mulai melanjutkan studi jenjang S2/S3 di Adelaide, Australia. Meraih gelar Master (1996) dan Doktor (2000) dengan riset bidang *Intelligent Manufacturing System* dari University of South Australia, Selanjutnya melakukan penelitian tingkat *post-doctoral* di Kansai University Osaka, Jepang dan George Mason University, Amerika Serikat.

**Dr. Agus Buono**, Saat ini adalah kepala Departemen Ilmu Komputer Institut Pertanian Bogor.

