

# OPTIMASI ALOKASI INJEKSI GAS UNTUK PENINGKATAN PRODUKSI MINYAK DENGAN SISTEM MULTIWELL GAS LIFT MENGGUNAKAN ALGORITMA PARTICLE SWARM OPTIMIZATION

Fadhlika Hadi<sup>1</sup>, Deni Saepudin<sup>2</sup> Dr., annisa aditsania, S.si., M.si<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> School of Computing Telkom University, Bandung

<sup>1</sup>fhadi909@gmail.com, <sup>2</sup>dns@ittelkom.ac.id, <sup>3</sup>annisaaditsania@gmail.com

## Abstrak

Dalam pengelolaan lapangan sumur minyak hal yang terpenting yang harus di perhatikan adalah jumlah produksinya. Pada umumnya jumlah produksi minyak pada suatu lapangan minyak akan menurun seiring dengan berkurangnya kapasitas jumlah kandungan minyak yang masih tersisa dalam reservoir, dan akhirnya akan habis. Pada kondisi seperti ini dibutuhkan suatu metode pengangkatan buatan dengan teknik gas lift. Dalam penelitian ini dilakukan pengoptimasian produksi minyak pada sumur gas lift. Penelitian ini menggunakan algoritma particle swarm optimization untuk mengoptimasi data laju injeksi gas dan data laju produksi minyak pada sumur injeksi gas lift dan membandingkannya dengan hasil pengujian eksak.

Hasil pengujian pada penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma particle swarm optimization dapat mengoptimasi total produksi minyak dari sumur minyak sebesar 1204488.0779 Scf/D. dan jumlah total laju gas yang diinjeksikan sebesar 1997109.562 Scf/D. Jika dibandingkan dengan hasil pengujian eksak hasil yang didapatkan untuk total produksi minyak yang maksimal didapatkan sebesar 1201520.8716642 Scf/D dan jumlah gas yang diinjeksikan sebesar 2.00E+06 Scf/D. Hasil yang didapatkan dengan pengoptimasian algoritma particle swarm optimization mendekati pengujian dengan metode eksak dengan keakuratan sebesar 99,75%. Pada pengujian selanjutnya, menentukan jumlah gas yang diinjeksikan terbatas sebesar 1000000 Scf/D. Hasil pengujian menggunakan algoritma particle swarm optimization didapatkan jumlah total produksi minyak sebesar 1166208.2939 Scf/D. jika di bandingkan dengan hasil pengujian secara eksak total produksi minyak yang maksimal di dapatkan sebesar 1166206.2743938 Scf/D. Hasil yang didapatkan dengan pengoptimasian algoritma particle swarm optimization mendekati pengujian dengan metode eksak dengan keakuratan sebesar 99,99%

**Kata kunci :** PSO, Laju Injeksi Gas, Laju Produksi Minyak.

## Abstract

*In oil well field management the most important thing to note is the amount of production. In general, the amount of oil production at oil fields will decline along with the reduced capacity of the amount of remaining oil content in the reservoir, and will eventually run out. Under these conditions, we need a method of artificial lift with gas lift techniques. In this research, optimizing oil production in gas lift wells. This study uses particle swarm optimization algorithm to optimize the data rate of gas injection and the data production rate of oil wells and gas lift injection membandingkannya the exact test results.*

*The test results in this study show that the particle swarm optimization algorithm can optimize total oil production from oil wells by 1204488.0779 SCF / D. and the total amount of injected gas rate of 1997109.562 SCF / D. When compared with the test results exact results obtained for a total maximum oil production is obtained by 1201520.8716642 SCF / D and the amount of gas injected at 2.00E + 06 SCF / D. The results obtained by optimizing the particle swarm optimization algorithm approach to the exact method of testing the accuracy of 99.75%. On further testing, determine the amount of injected gas is limited by 1000000 SCF / D. The test results using particle swarm optimization algorithm obtained a total oil production of 1166208.2939 SCF / D. When compared with the test results in exact total maximum oil production in get for 1166206.2743938 SCF / D. The results obtained by optimizing the particle swarm optimization algorithm approach to the exact method of testing the accuracy of 99.99%.*

**Keywords:** PSO, Gas Injection rate, rate of oil production..

## 1. Pendahuluan

Minyak bumi merupakan salah satu sumber energi yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan manusia. Minyak bumi terbentuk dari sebuah reservoir yang tidak akan bertahan lama untuk melakukan produksi, sehingga akan terjadi penurunan produksi. Penurunan produksi tersebut disebabkan oleh beberapa hal seperti bercampurnya dua jenis air yang berbeda, penurunan tekanan reservoir, penurunan temperature dan sebagainya. Maka akan terjadi suatu keadaan dimana produksi minyak bumi dari suatu lapangan minyak akan mengalami produksi yang tidak ekonomis lagi. Agar produksi suatu lapangan sumur minyak dapat terus berlanjut dan dapat dipertahankan, maka

dibutuhkan sebuah metode untuk mempertahankan dan meningkatkan produksi sumur minyak bumi tersebut, sehingga kebutuhan manusia akan sumber energy minyak bumi dapat terpenuhi.

Dalam pengelolaan lapangan sumur minyak hal yang terpenting yang harus di perhatikan adalah jumlah produksinya. Pada umumnya jumlah produksi minyak pada suatu lapangan minyak akan menurun seiring dengan berkurangnya kapasitas jumlah kandungan minyak yang masih tersisa dalam reservoir suatu lapangan dan akhirnya akan habis. Penyebab penurunan jumlah produksi minyak bumi yang sering ditemui adalah terjadinya penurunan tekanan reservoir, karena energi utama dalam proses pengangkatan minyak bumi ke permukaan akan turun seiring dengan berjalannya waktu produksi hingga tidak cukup kuat lagi untuk mengangkat minyak ke permukaan. Pada kondisi seperti ini dibutuhkan suatu metode pengangkatan buatan yang lazim dikenal sebagai artificial lift. Metode yang banyak dipakai untuk memecahkan masalah ini adalah metode injeksi gas lift. Berbagai macam metode injeksi gas lift yang dikembangkan seperti metode injeksi gas lift dengan menggunakan genetic algorithm yang dilakukan oleh Ardhi H. Lumban Gaol , Pudjo Sukarno, 2011, metode injeksi gas lift dengan menggunakan projektsi gradient rosen'n oleh Sukarno,P, Sidarto,K.A, Siregar,S, Soewono, E., Rahmawati, S.D, Riza.L.S, Hafez, M. , Putra,S.A. , Supriyatman,D. , Disasmita,A, dan lain-lain.Gas lift adalah salah satu metode pengangkatan minyak bumi secara paksa dari dalam sumur minyak. Sistem ini bekerja dengan cara menginjeksikan gas bertekanan tinggi kedalam annulus (ruang antara tubing dan casing), dan kemudian kedalam tubing produksi sehingga terjadi proses aerasi (aeration) yang mengakibatkan berkurangnya berat kolom fluida dalam tubing.

Gas lift didefenisikan sebagai proses pengangkatan fluida dari dalam sumur dengan cara menginjeksikan gas dengan jumlah yang tinggi ke dalam lubang sumur sehingga memenuhi kolom fluida di dalamnya sehingga minyak mentah dapat diangkat ke atas permukaan. Terbatasnya jumlah gas yang akan diinjeksi pada tiap sumur minyak, menjadikan volume gas injeksi sebagai batasan masalah.

Pada Tugas Akhir ini dilakukan sebuah pengoptimasian hasil produksi minyak banyak sumur (multiwell) yang menggunakan injeksi gas dengan menggunakan metode optimasi dengan algoritma Particle Swarm Optimization akan ditentukan jumlah alokasi gas yang akan diinjeksikan pada tiap sumur minyak sehingga diperoleh jumlah produksi total minyak yang optimal.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Algoritma Particle Swarm optimization

Algoritma PSO pertamakali diperkenalkan pada tahun 1995 oleh Dr. Eberhart dan Dr. Kennedy. Algoritma ini meniru proses bertahan hidup suatu kelompok hewan, seperti proses bertahan hidup burung dan ikan. Algoritma PSO berkembang cukup pesat, banyak digunakan untuk pengembangan aplikasi pencarian solusi terbaik. Hal ini disebabkan algoritma PSO sangat mudah dipahami dan sederhana dalam proses pengimplementasiannya.. Algoritma PSO banyak digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah optimasi baik diskrit, linier maupun nonlinier dan kontinyu,. Dalam melakukan proses meniru kehidupan suatu populasi, setiap individu akan berperilaku sesuai kecerdasan yang dia miliki dan perilakunya juga dipengaruhi oleh kelompok atau populasi individu tersebut.

Algoritma PSO akan memodelkan pencarian solusi terbaik dalam suatu ruang solusi sebagai aktivitas Bergeraknya kelompok partikel dalam suatu ruang solusi tersebut. Posisi dimana partikel berada dalam suatu ruang solusi merupakan kandidat solusi yang berisi variabel-variabel optimasi. Setiap posisi tersebut akan dikaitkan dengan sebuah nilai yang disebut nilai objektif atau nilai fitness yang dihitung berdasarkan fungsi objektif dari masalah optimasi yang akan diselesaikan. Misalkan seekor ikan pada kelompoknya, ikan tersebut menemukan jalan yang terbaik atau jalan yang pendek untuk menemukan sumber makanannya dan ikan tersebut akan mengirim informasi kepada kelompoknya sehingga kelom ikan tersebut akan lebih mudah menemukan jalan menuju lokasi dari sumber makanan tersebut meskipun posisi dari kelompok ikan tersebut jauh dari sumber makanan itu.

Pada algoritma particle swarm optimization setiap partikel akan diasumsikan memiliki posisi dan kecepatan dan partikel tersebut bergerak dalam ruang/space dan akan menyimpan posisi terbaik yang pernah dilewati sebagai suatu nilai fungsi objektif.

### 2.2. Implementasi PSO

Proses implementasi algoritma PSO dapat dilakukan dengan tahapan berikut:

1. Menentukan ukuran swarm atau jumlah populasi untuk melakukan optimasi
2. Menentukan nilai awal dari untuk setiap partikel secara acak
3. Melakukan evaluasi untuk menghitung nilai tujuan setiap partikel
4. Menentukan kecepatan awal untuk setiap partikel
5. Menghitung nilai Pbest dari setiap partikel dan memilih nilai Gbest mula-mula
6. Menghitung kecepatan untuk interaksi seperti persamaan

$$V_{i+1} = V_i(1 - r_1) + r_2 [r_1 V_i - x_{i-1}] + r_2 [r_1 V_i - x_{i-1}], \quad i = 1, 2, \dots, N(1)$$

Dengan nilai r1 dan r2 merupakan bilangan acak atau random

- Menghitung posisi dari setiap partikel untuk interaksi seperti persamaan

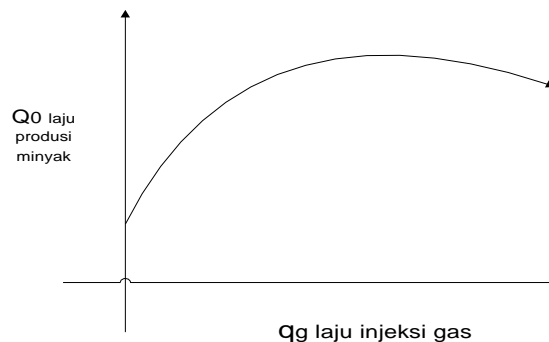
$$X_{i+1} = X_i(1 - r_1) + V_{i+1}, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

- Melakukan evaluasi untuk menghitung nilai tujuan setiap partikel untuk interaksi berikutnya
- Melakukan pengecekan apakah nilai solusi sudah mencapai optimal dengan syarat setiap solusi menuju nilai yang sama . Kalau sudah optimal, maka proses algoritma akan berhenti. Apabila belum mencapai solusi, maka proses algoritma akan diulang kembali ke langkah 6

### 2.3. Injeksi Gas lift

Tujuan utama dari injeksi gas adalah untuk meningkatkan tekanan pada reservoir agar fluida dapat dialirkan kepermukaan sesuai yang diinginkan. Faktor utama yang menentukan dalam metode gas lift adalah perbandingan jumlah gas dengan cairan (GLR atau Gas Oil Ratio) formasi pada sumur tersebut sudah lebih kecil dari GLR optimum dan juga dikarenakan terjadinya penurunan tekanan pada reservoir itu sendiri.

Kinerja optimasi injeksi gas lift dapat diperoleh dengan mengukur laju injeksi gas dan tingkat produksi minyak di lapangan sumur minyak. Dengan melihat data produksi dari suatu sumur minyak maka akan didapatkan suatu kurva performansi gas lift.



Gambar 1 Kurva Performansi Gas lift

Perilaku kurva performansi gas lift membentuk sebuah kurva fungsi kuadrat karena setiap gas yang diinjeksikan pada suatu sumur minyak akan meningkatkan produksi dari sumur minyak tersebut, sehingga sampai pada suatu saat produksi dari sumur minyak akan mencapai maksimal dan mampu bertahan dalam waktu yang cukup panjang dan setelah itu akan terjadi penurunan hal ini disebabkan oleh terbatasnya kandungan minyak yang dimiliki oleh sebuah reservoir dan terjadinya penurunan tekanan seiring waktu.

Bentuk kurva kinerja gas lift tergantung pada respon produksi minyak untuk injeksi gas . sehingga kurva kinerja gas lift dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Q_o = a Q_g^2 + b Q_g + c \quad (3)$$

Dimana:

- $a$  sebagai Laju produksi minyak
- $a$  menentukan seberapa cekung/cembung parabola yang dibentuk oleh fungsi kuadrat. Nilai  $a > 0$  akan menyebabkan parabola terbuka ke atas, sedangkan nilai  $a < 0$  akan menyebabkan parabola terbuka ke bawah.
- $b$  menentukan kira-kira posisi  $x$  puncak parabola, atau sumbu simetri cermin dari kurva yang dibentuk. Posisi tepatnya adalah  $-b/2a$
- $c$  menentukan titik potong fungsi parabola yang dibentuk dengan sumbu  $y$  atau saat  $x = 0$ .

Mengingat laju injeksi gas pada sumur tunggal terbatas, maka hasil produksi sering kurang dari nilai maksimum.

### 2.4. Optimasi Pada Sitem Multiwell Gas Lift

Banyak sumur dinyatakan dengan  $n$ , dengan laju produksi minyak dinyatakan dengan  $Q_{oi}$ . Maka pada sistem multiwell, jumlah laju produksi minyak total merupakan jumlah laju produksi minyak dari setiap sumur minyak. Maka akan didapatkan formula matematika yang dinyatakan sebagai berikut:

$$Q_{max} = \sum_{j=1}^n Q_j = f(q) = f(q_1, q_2, \dots, q_n) \tag{4}$$

Dimana  $q$  diwakili oleh vector kolom n-dimensi:

$$q = (q_1, q_2, \dots, q_n)^T \tag{5}$$

Produksi minyak maksimum dinyatakan sebagai:

$$\text{Max } Q_{max} = \max f(q_1, q_2, \dots, q_n) \tag{6}$$

Sehingga

$$\text{Max } Q_{max} = \text{Max} \sum_{j=1}^n (Q_{inj}^2 + Q_{inj} + Q) \tag{7}$$

Tingkat injeksi gas pada sumur tunggal untuk produksi sumur minyak maksimum dinyatakan sebagai:

$$Q_{inj} = - \frac{Q}{2Q} \tag{8}$$

Jadi total injeksi gas untuk sistem multiwell gas lift dinyatakan dengan

$$Q_{inj} = \sum_{j=1}^n - \frac{Q_j}{2Q_j} \tag{9}$$

Jumlah injeksi total gas tidak kurang dari volume injeksi gas maksimum yang tersedia,  $Q_{inj}$  tidak kurang dari tingkat  $Q_{inj}$ , dan sebaliknya. Total laju injeksi gas dengan kendala berikut:

$$\sum_{j=1}^n Q_{inj} = Q_{inj} \tag{10}$$

Dimana

$$Q_{inj} \leq Q_{inj} \tag{11}$$

Untuk kendala sumur tunggal dinyatakan sebagai berikut

$$0 \leq Q_{inj} \leq Q_{inj} \tag{12}$$

Untuk memperoleh dengan mudah tingkat alokasi gas maksimum masing-masing sumur dengan baik dengan

$$Q_{inj} = \frac{Q_{inj}}{\sum_{j=1}^n Q_{inj}} \tag{13}$$

Keterangan:

1.  $Q_{max}$  = total produksi minyak maksimum
2.  $Q_{inj}$  = Laju injeksi gas yang tersedia
3.  $Q_{inj}$  = total gas maksimum
4.  $Q_{inj}$  = laju injeksi gas pada sumur n
5.  $Q_{inj}$  = laju injeksi gas

### 3. Perancangan Sistem

#### 3.1 Deskripsi Sistem

Sistem yang digunakan pada tugas akhir ini menggunakan algoritma Particle Swarm Optimization untuk lapangan sumur minyak dengan menggunakan teknik gaslift menggunakan data produksi minyak bumi dari PT. Pertamina EP Cirebon dari sumur gas lift .

Sistem yang dibangun ini merupakan alat bantu untuk mengetahui jumlah alokasi gas yang akan diinjeksikan dan mengoptimasi produksi maksimum total dari suatu lapangan minyak.

#### 3.2 Perancangan Sistem

Berikut adalah alur kerja perancangan sistem:



Gambar 1 Flow Chart Sistem optimasi multiwell gas lift dengan algoritma PSO

Langkah-langkah yang optimasi produksi minyak menggunakan metode injeksi gas lift menggunakan algoritma particle swarm optimization adalah

1. Data  
Data yang digunakan merupakan data produksi minyak bumi menggunakan metode injeksi gas lift dari sumur injeksi gas lift. Data berupa data laju injeksi gas dan data GLR yang dikonversi ke bentuk data oil.
2. Generate Model Regresi parabola  
Pada tahapan ini akan dilakukan pengolahan data yang membentuk model performansi gas lift
3. Hitung Maksimal Eksak Produksi minyak  
Menghitung jumlah gas yang injeksikan ke sumu dengan metode eksak
4. Penyelesaian Dengan Algoritma PSO  
Pada tahapan ini algoritma PSO akan melakukan proses optimasi dengan menggunakan model optimasi dengan konstarin tiap sumur yang didapatkan metode least suare. Pada prose ini akan menghasilkan nilai gas injeksi yang untuk memperoleh nilai produksi minyak bumi yang optimal Apabila belum mencapai nilai produksi yang optimal, maka proses algoritma akan diulang kembali sampai nilai produksi yang optimal didapatkan.
5. Analisis dan Membandingkan Hasil Eksak Dan PSO  
Menganalisis dan membandingkan hasil optimasi algoritma PSO mendekati hasil perhitungan eksak

#### 3.3 Data

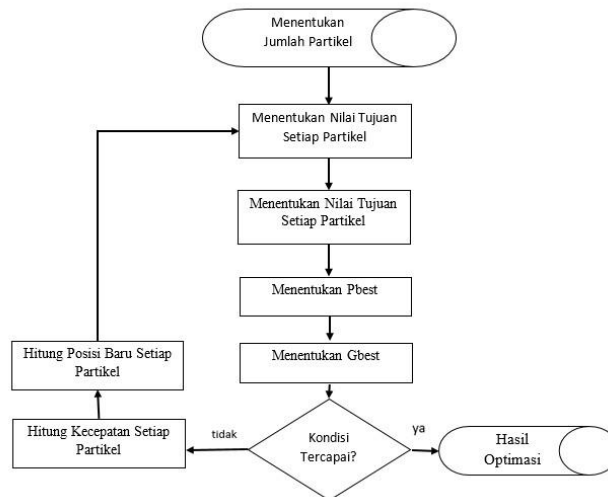
Data observasi yang digunakan adalah data produksi minyak bumi dari sumur produksi minyak bumi dengan injeksi gas lift. Data ini berupa data produksi dari sumur gas lift. Data sumur yang digunakan adalah data sumur 1, sumur 2, sumur 3, sumur 4, sumur 5 yang menggunakan satu kompresor yang sama untuk menginjeksikan

gas kesetiap sumur produksi. Data produksi minyak menggunakan injeksi gas berupa data laju injeksi gas dan data laju produksi minyak

1. urutan waktu.
2. Tahap terakhir, pembentukan koefisien wavelet yaitu sinyal hasil Transformasi Wavelet.

### 3.4 Aliran Algoritma PSO

Aliran optimasi algoritma particle swarm optimization sebagai berikut:



Gambar 2 Diagram Alir Algoritma PSO

## 4. Analisis Hasil Pengujian

### 4.1. Pengujian Sistem

#### 4.1.1. Tujuan Pengujian Sistem

Tujuan dari pengujian sistem antara lain adalah:

- a. Mengetahui bagaimana algoritma PSO mengoptimasi laju injeksi gas sehingga mendapatkan total jumlah produksi minyak yang maksimal
- b. Membandingkan pengoptimasian menggunakan metode eksak dengan pengoptimasian menggunakan algoritma particle swarm optimization sehingga dapat menentukan pengaruh laju injeksi gas terhadap laju produksi minyak tiap sumur, mencari nilai produksi maksimum tiap sumur minyak, mencari jumlah maksimum total produksi minyak berdasarkan data uji yang ada.

#### 4.1.2. Data Set

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- a. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu :
- b. Data produksi minyak bumi dari sumur injeksi gas lift.
- c. Data berupa data produksi 5 sumur injeksi gas lift dengan kompresor yang sama untuk menginjeksikan gas ke setiap sumur. Data disimpan dalam format \*.xlsx.

### 4.2. Perancangan Skenario Pengujian

Sistem optimasi yang dibangun menggunakan algoritma particle swarm optimization mempunyai dua tahapan pengerjaan.

tahapan pertama terbagi 3 skenario pengujian, sebagai berikut:

1. Skenario pertama adalah menentukan model performansi gas lift dari data uji tiap sumur minyak dengan menggunakan metode regresi persamaan parabola.
2. Skenario kedua menentukan jumlah laju produksi menggunakan metode eksak dan menentukan laju produksi minyak yang didapat jika jumlah gas yang tersedia terbatas menggunakan metode eksak dengan analisis lagrange dual problem.
3. Skenario ketiga adalah mengoptimasi model performansi gas lift yang didapat untuk mengetahui laju injeksi gas dan laju produksi minyak yang maksimal menggunakan algoritma particle swarm optimization.

Tahap kedua adalah menganalisis dan membandingkan hasil pengoptimasian menggunakan metode eksak dengan hasil pengoptimasian menggunakan algoritma particle swarm optimization

**4.3. Analisis Skenario Pengujian**

**4.3.1. Skenario Pertama**

Skenario pertama adalah menentukan model performansi gas lift dari data uji tiap sumur minyak dengan menggunakan metode regresi persamaan parabola.

*Tabel 4. 1 Model Performansi gas lift*

Sumur	1	2	3	4	5
<b>Model Performansi Gas lift</b>	-1.36E-08 <sup>2</sup> + 0.010590374 <sup>1</sup> - 1.45E+03	-3.6418e-007 <sup>2</sup> + 0.2899 <sup>1</sup> - 3.3978e+004	-3.5814e-008 <sup>2</sup> + 0.0257 <sup>1</sup> <sup>2</sup> - 3.1659e+003	-1.15E-05 <sup>2</sup> + 9.9097 <sup>1</sup> - 1.95e+05	-1.06E-08 <sup>2</sup> + 0.00891 <sup>1</sup> <sup>2</sup> -1.47E+03

**5. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil pengujian menggunakan algoritma particle swarm optimization, jumlah total produksi minyak yang optimal adalah 1204488.0779 Scf/D dengan jumlah laju gas yang injeksikan kedalam sumur minyak sebesar 1997109.562 Scf/D.
2. Algoritma particle swarm optimization mampu mengoptimasi jumlah alokasi gas yang diinjeksikan pada tiap sumur minyak dengan jumlah gas yang tersedia terbatas sebesar 1.000.000 Scf/D dengan jumlah produksi minyak yang dihasilkan sebesar 1166208.2939 Scf/D.

**6. Daftar Pustaka**

[1]. R. Haupt and H. S.E., Practical Genetic, 2004

[2]. M. Wiley. Dorigo and T. Stutzle, Algorithm, Second Edition, 2004..

[3]. Wati, D. Ana Ratna, Rochman and Y. Agusti, “Model Penjadwalan Mata Kuliah Secara Otomatis Berbasis Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO),” *urnal Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Indoensia.*

[4]. Santosa, “Tutorial Particle Swarm Optimization”.

[5]. D. sukarno and e. e. ezer, Perencanaan injeksi gas sumur gas lift lansung dari sumur gas.

[6]. H. L. Z. Y. L. Y. Zhong, “An Approach for Optimization of Gas-Lift Allocation to a Group of Wells and Oilfield,” *Mathematics China*, vol. 1, pp. 1-11, 2004.

[7]. D. I. S. Bismo, “Regresi Linier dengan Metode Kuadrat Terkecil,” *Intellectual Property.*

- [8]. H. P. G. a. J. T. S. Spring, "Constrained Optimization Using Lagrange Multipliers CEE 201L," *Design, and Optimization Department of Civil and Environmental*, 2015.