

PENERAPAN METODE ALGORITMA GENETIK UNTUK OPTIMASI MAINTENANCE MESIN PRODUKSI (STUDI KASUS PT. TIGA DIMENSI MANDIRI BEKASI)

Ulla Delfana Rosiani¹, Elok Nur Hamdana², Ferdy Yan Fitrah T³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang
¹ rosiani@polinema.ac.id, ² elokhamdana@gmail.com, ³ ferdyyf9@gmail.com

Abstrak—PT. Tiga Dimensi Mandiri Bekasi yang bergerak dibidang manufacturing untuk mengerjakan jasa maintenance bejana tekanan, paping, tangki, dan boiler. Perusahaan sering mendapat kendala dalam melakukan maintenance mesin. Hal ini disebabkan mitra perusahaan yang sangat banyak dan jenis kerusakan yang banyak. Selain itu, permasalahan lain adalah kinerja pegawai untuk mengerjakan maintenance mesin produksi pada perusahaan masih belum sesuai dengan yang ditargetkan. Perusahaan ini mempunyai standarisasi sendiri dalam penanganan maintenance dengan cara melakukan survey antara jarak, biaya pengeluaran dan pemasukan pengerjaan dari mitra yang banyak, namun perusahaan tidak mempunyai perhitungan detail untuk mengitung pengeluaran dan pemasukan. Sehingga untuk mengatasi permasalahan-permasalahan diatas—dibutuhkan sebuah sistem optimasi proses maintenance mesin berdasarkan kategori dan kondisi mesin. Metode optimasi yang diusulkan dalam penelitian ini menggunakan algoritma genetik. Hal ini penulis mengguakan metode genetika algoritma. Dalam pengujian yang telah dilakukan, diperoleh pengaturan dengan hasil yang paling optimal adalah jumlah generation sebanyak 100, jumlah kromosom sebesar 20, crossover rate sebesar 0.8, dan mutation rate sebesar 0.1. Sehingga dalam penelitian ini dapat disimpulkan algoritma genetika dapat menyelesaikan permasalahan kompleksitas pada pengerjaan maintenance mesin dan optimasi keuntungan perusahaan.

Kata kunci— optimasi, genetika algoritma

I. PENDAHULUAN

PT. Tiga Dimensi Mandiri Bekasi berdiri tahun 2006 merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang manufacturing yang mengerjakan jasa maintenance pekerjaan bejana tekanan, paping, tangki, dan boiler berkantor pusat di Jl. Lumbu Timur Raya, Kec bojongrawalumbu Kota Bekasi, Jawa Barat.

Berdasarkan hasil observasi dengan pihak PT. Tiga Dimensi Mandiri Bekasi, PT. Tiga Dimensi Mandiri Bekasi sering mendapat kendala dalam melakukan maintenance karena mitra perusahaan yang sangat banyak dan banyak sekali mesin-mesin produksi sehingga terkadang hasil keuntungan yang ditargetkan perusahaan tidak sesuai. PT. Tiga Dimensi Mandiri Bekasi mempunyai standarisasi dalam penanganan maintenance dengan cara melakukan survey antara jarak, biaya pengeluaran dan pemasukan pengerjaan dari mitra yang banyak. Berdasarkan permasalahan diatas untuk mengatasi permasalahan tersebut

dibutuhkan sebuah sistem untuk optimasi proses maintenance mesin berdasarkan kategori dan kondisi mesin. Tujuannya adalah untuk mempermudah mengidentifikasi dan mempermudah maintenance serta memberikan rekomendasi setelah dilakukan proses optimasi untuk mengetahui mesin mana yang perlu untuk dilakukan penanganan terlebih dahulu dan optimasi jumlah karyawan. Maksud dari sistem yang dibuat ini adalah untuk menghasilkan output berupa optimasi keuntungan perusahaan.

Dalam menyelesaikan penentuan kombinasi yang optimum, algoritma genetik berbeda dengan algoritma heuristic lainnya. Pada umumnya, metode heuristic mencari solusi optimum dengan menyusun kombinasi secara bertahap berdasarkan kriteria pemilihan dan terminasi iterasi yang tertentu. Solusi yang didapatkan hanya satu macam solusi saja. Sebaliknya, algoritma genetik membuat suatu kode genetic dari kombinasi yang dimaksud, yang lebih dikenal sebagai istilah *gen (genotype)* yang selanjutnya disempurnakan dengan iterasi yang menyerupai proses alam dalam menurunkan sifat – sifat genetik. Karena itu, algoritma genetik tidak membutuhkan kriteria khusus yang dijumpai pada algoritma heuristic lain dalam menyaring kualitas solusi ataupun mengurangi waktu komputasi serta dapat menghasilkan beberapa alternatif solusi yang mempunyai nilai fungsi obyektif yang sama [3]. Algoritma genetik (GA) merupakan suatu metode *heuristic* untuk mencari solusi optimum dari suatu permasalahan dengan menggunakan mekanisme pencarian yang meniru proses evolusi biologis. Mekanisme yang digunakan merupakan kombinasi dari pencarian acak dan terstruktur. Algoritma ini sudah berhasil diterapkan dalam berbagai permasalahan *kombinatorial*, mulai dari *traveling salesman problem (tsp)*, *vrp*, dan penjadwalan produksi.

Untuk memperkuat judul skripsi yang dibuat penulis telah melakukan penelitian apakah studi kasus pernah dibahas sebelumnya. Setelah melakukan penelitian penulis membuat judul skripsi mengacu pada penelitian sebelumnya dibuat oleh Tambunan, L. (2017). Implementasi Algoritma genetika dalam Pembuatan Jadwal Kuliah. Jaringan Sistem Informasi Robotik. Hijriana, N. (2015). Penerapan metode algoritma genetika untuk permasalahan penjadwalan perawat (*nurse scheduling problem*).

Berdasarkan pada data yang dimiliki oleh pihak PT. Tiga Dimensi Mandiri Bekasi metode yang digunakan dalam

pembuatan skripsi ini adalah algoritma genetik. Dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat membantu PT. Tiga Dimensi Mandiri Bekasi dalam melakukan aktivitas sehingga dapat meningkatkan produktivitas perusahaan

II. LANDASAN TEORI

A. PT. Tiga Dimensi Mandiri

PT. Tiga Dimensi Mandiri Bekasi merupakan perusahaan di bidang jasa pemasangan bejana tekanan, paping, maintenance mesin, membuat *tanki & boiler*. Berdiri pada tahun 2006 yang beralamat Jl. Lumbu timur raya no. 24 Bekasi, Jawa Barat. Perusahaan ini spesialis *maintenance* mesin *boiler* dimana mesin *boiler* (mesin uap) adalah alat untuk menghasilkan uap air, yang akan digunakan untuk pemanasan atau tenaga gerak. Bahan bakar pendidih bermacam – macam dari yang populer batubara dan minyak bakar, sampai listrik, gas, biomasa, nuklir dan lain – lain. Pendidih merupakan bagian terpenting dari penemuan mesin uap (*boiler*) yang merupakan pemicu lahirnya revolusi industry.

Material. Bejana pada suatu ketel uap biasaya terbuat dari baja (*steel/alloy stell*) atau awalnya dari besi tempa. Baja stainless sebenarnya tidak disarankan (oleh asme boiler code) untuk digunakan pada bagian – bagian yang basah dari ketel uap modern, tetapi seringkali digunakan pada bagian *super heater* yang tidak akan terpapar ke cairan ketel uap. Tembaga atau kuningan sering digunakan karena lebih mudah dipabrikasi untuk ketel uap ukuran kecil. Sejarahnya, tembaga sering digunakan untuk peti api (*firebox*) terutama untuk lokomotif uap air, karena kemudahannya dibentuk dan pengantar panas yang tinggi. Namun, saat ini harga tembaga yang tinggi menjadi pilihan yang tidak ekonomis dan lebih murah menggunakan material pengganti seperti baja.

B. Optimasi

Optimasi berasal dari Bahasa Inggris *optimization* (n), kata benda yang berasal dari kata kerja (v) *optimize*. Kata kerja *optimize* dari kata sifat (adj) *optimal*. Dependensi optimasi tahapan optimasi kode bertujuan untuk menghasilkan kode program yang berukuran kecil dan lebih cepat eksekusinya. Optimasi lokal adalah optimasi yang dilakukan hanya pada suatu blok dari *source code*. Optimasi adalah suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal atau optimasi (nilai efektif yang dapat dicapai). Optimasi dapat diartikan sebagai suatu bentuk mengoptimalkan sesuatu hal yang sudah ada, ataupun merancang dan membuat sesuatu secara optimal. Kalimat optimasi sifatnya termasuk global, karena banyak digunakan sebagai kata kunci paling populer. Optimasi secara umumnya untuk memaksimalkan atau mengoptimalkan sesuatu hal yang bertujuan untuk mengelola sesuatu yang dikerjakan, sehingga optimasi bisa dikatakan kata benda yang berasal dari kata kerja, dan optimasi bisa dianggap baik sebagai ilmu pengetahuan dan seni menurut tujuan yang ingin dimaksimalkan. Pentingnya sebuah kejelasan dalam sebuah karya ilmiah agar tidak terjadi salah

tafsir/presepsi atau pun bermakna ambigu yang berimplikasi terhadap perubahan makna dan maksudnya.

C. Algoritma Genetika

Dalam menyelesaikan penentuan kombinasi yang optimum, algoritma genetik berbeda dengan algoritma heuristic lainnya. Pada umumnya, metode heuristic mencari solusi optimum dengan menyusun kombinasi secara bertahap berdasarkan kriteria pemilihan dan terminasi iterasi yang tertentu. Solusi yang didapatkan hanya satu macam solusi saja. Sebaliknya, algoritma genetik membuat suatu kode genetic dari kombinasi yang dimaksud, yang lebih dikenal sebagai istilah *gen (genotype)* yang selanjutnya disempurnakan dengan iterasi yang menyerupai proses alam dalam menurunkan sifat – sifat genetik. Karena itu, algoritma genetik tidak membutuhkan kriteria khusus yang dijumpai pada algoritma heuristic lain dalam menyaring kualitas solusi ataupun mengurangi waktu komputasi serta dapat menghasilkan beberapa alternatif solusi yang mempunyai nilai fungsi obyektif yang sama [3]. Algoritma genetik (GA) merupakan suatu metode *heuristic* untuk mencari solusi optimum dari suatu permasalahan dengan menggunakan mekanisme pencarian yang meniru proses evolusi biologis. Mekanisme yang digunakan merupakan kombinasi dari pencarian acak dan terstruktur. Algoritma ini sudah berhasil diterapkan dalam berbagai permasalahan *kombinatorial*, mulai dari *traveling salesman problem (tsp)*, *vrp*, dan penjadwalan produksi.

Dalam menyelesaikan penentuan kombinasi yang optimum, algoritma genetik berbeda dengan algoritma heuristic lainnya. Pada umumnya, metode heuristic mencari solusi optimum dengan menyusun kombinasi secara bertahap berdasarkan kriteria pemilihan dan terminasi iterasi yang tertentu. Solusi yang didapatkan hanya satu macam solusi saja. Sebaliknya, algoritma genetik membuat suatu kode genetic dari kombinasi yang dimaksud, yang lebih dikenal sebagai istilah *gen (genotype)* yang selanjutnya disempurnakan dengan iterasi yang menyerupai proses alam dalam menurunkan sifat – sifat genetik. Karena itu, algoritma genetik tidak membutuhkan kriteria khusus yang dijumpai pada algoritma heuristic lain dalam menyaring kualitas solusi ataupun mengurangi waktu komputasi serta dapat menghasilkan beberapa alternatif solusi yang mempunyai nilai fungsi obyektif yang sama [3].

1) Random Generator

Inti dari cara ini adalah pembangkitan bilangan random untuk nilai setiap gen sesuai dengan representasi kromosom yang digunakan. Contoh penggunaan random generator sebagai berikut:

$$IPOP = \mathbf{round} \{ \text{random}(N_{ipop}, N_{bits}) \} \quad (1)$$

Dimana IPOP adalah gen yang nantinya berisi pembulatan dari bilangan random yang dibangkitkan sebanyak N_{ipop} (jumlah populasi) \times N_{bits} (jumlah gen dalam tiap kromosom).

2) *Seleksi*

Seleksi digunakan untuk memilih individu-individu mana saja yang akan dipilih untuk proses kawin silang dan mutasi.

$$\text{Total_fitnes} = \sum = p \text{ i fit f i l } (), p = \text{ukuran populasi.} \quad (2)$$

3) *Kawin silang (Crossover)*

Kawin silang (*Crossover*) adalah operator dari algoritma genetika yang melibatkan dua induk untuk membentuk kromosom baru. Kawin silang menghasilkan titik baru dalam ruang pencarian yang siap untuk diuji.

4) *Mutasi*

Mutasi gen adalah proses penggantian gen dengan nilai inversinya, gen 0 menjadi 1 dan gen 1 menjadi 0. Proses ini dilakukan secara acak pada posisi gen tertentu pada individu-individu yang terpilih untuk dimutasikan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data digunakan untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan dalam proses penelitian. Pengambilan data dengan cara antara lain observasi dan wawancara.

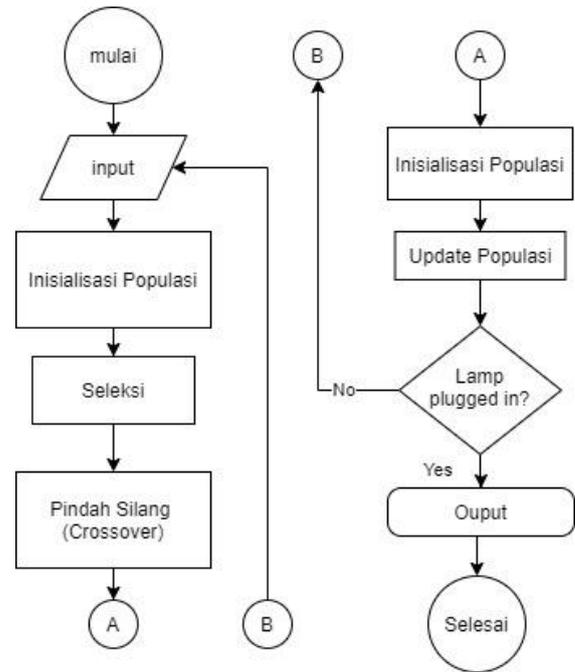
1) *Observasi*

Penulis melakukan pengamatan langsung di PT. Tiga Dimensi Mandiri Bekasi yang menjadi bahan penelitian guna mendapatkan data atau informasi yang berhubungan dengan permasalahan, yaitu proses optimasi *maintenance* mesin produksi pada mitra kerja untuk meningkatkan kinerja pegawai dan produktivitas perusahaan.

2) *Wawancara*

Dari hasil wawancara yang diperoleh dari perusahaan mendapatkan sebuah sistem informasi penerapan metode algoritma genetika untuk optimasi *maintenance* mesin produksi di PT. Tiga Dimensi Mandiri dengan data yaitu; mitra kerja, biaya pekerjaan, jenis kerusakan, penggajian pegawai, tingkat kerusakan mesin, jumlah pegawai yang bekerja, dan jumlah keuntungan.

IV. ANALISA DAN PERANCANGAN



Gambar 1 Flowchart system

Terdapat beberapa data masukan (nama, perusahaan, bidang perusahaan, nama mesin, kerusakan mesin, tingkat kerusakan, estimasi waktu, estimasi biaya, biaya transport, biaya penginapan) dan data keluaran (hasil optimasi keuntungan *maintenance* perusahaan). Data masukan dan data keluaran dikolaborasi sebagai dasar perencanaan untuk optimasi keuntungan dari *maintenance* mesin produksi.

V. PENGUJIAN METODE

A. Ukuran Kromosom

TABEL I UKURAN KROMOSOM

Ukuran Kromosom	Nilai Fitness Percobaan Ke-					Rata-rata Fitness
	1	2	3	4	5	
5	0.795758	0.955566	0.98394	0.85156	0.873406	0.748913
10	0.812892	0.76284	0.596897	0.732854	0.839084	0.892046
15	0.745329	0.74935	0.800039	0.767405	0.763148	0.765054267
20	0.840746	0.697259	0.847065	0.793966	0.770037	0.7898144

Pada pengujian pertama dilakukan pengujian terhadap parameter ukuran populasi. Pengujian ukuran populasi dilakukan untuk mengetahui pengaruh ukuran populasi terhadap nilai fitness yang dihasilkan. Pengujian terhadap pengaruh ukuran populasi dilakukan dengan ukuran kromosom sebanyak 5, 10, 15, dan 20 dengan kombinasi $cr = 0$ dan $mr = 0,9$ dan jumlah generasi sebanyak max 100. Untuk mendapatkan nilai rata-rata fitness setiap percobaan akan dilakukan sebanyak 5 kali.

B. Kombinasi Crossover Rate dan Mutation Rate

TABEL II KOMBINASI CROSSOVER AND MUTATION RATE

Pengujian kedua dilakukan dengan pengujian terhadap parameter kombinasi *crossover rate* (cr) dan *mutation rate* (mr) yang digunakan dalam proses algoritma genetika. Pengujian kombinasi cr dan mr dilakukan untuk mengetahui pengaruh kombinasi cr dan mr terhadap nilai fitness yang dihasilkan. Kombinasi cr dan mr yang digunakan pada uji coba ini antara 0 sampai 0,9 dan masing-masing percobaan dilakukan sebanyak 5 kali yang akan diambil nilai rata-rata fitnessnya. Pada pengujian ini digunakan jumlah kromosom terbaik dari pengujian sebelumnya sebanyak 20 kromosom. Jumlah generasi yang digunakan sebanyak 100.

C. Jumlah Generasi

TABEL III JUMLAH GENERASI

Jumlah Generasi	Nilai Fitness Percobaan Ke-					Ratarata Fitness
	1	2	3	4	5	
20	0.94483	0.929082	0.960266	0.917119	0.918279	0.933915
40	0.925729	0.956522	0.969869	0.892039	0.877183	0.924268
60	0.986058	0.96982	0.957371	0.850233	0.795378	0.911772
80	0.735044	0.963744	0.972446	0.982758	0.970899	0.924978
100	0.893463	0.900677	0.957735	0.981881	0.938262	0.934404

Pengujian terakhir adalah pengujian terhadap parameter jumlah generasi yang digunakan. Pengujian jumlah generasi dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah generasi terhadap nilai fitness yang dihasilkan. Untuk menguji jumlah generasi digunakan jumlah generasi sebanyak 20, 40, 60, 80 dan 100. Untuk mendapatkan hasil yang lebih valid maka setiap percobaan akan dilakukan sebanyak 5 kali untuk diambil nilai rata-rata fitnessnya. Pada percobaan ini digunakan kromosom sebanyak 10 yang didapatkan dari percobaan sebelumnya pada uji coba ukuran populasi, dengan cr = 0,8 dan mr = 0,1.

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pembahasan dan penititan penulis dapat disimpulkan dengan menggunakan metode algoritma genetika pada perusahaan ini mendapatkan keuntungan yang optimal dari *maintenance* mesin produksi dengan mitra kerja.

A. Hasil Optimasi Sesuai Limit Pegawai Aktif

Cr	Mr	Nilai Fitness Percobaan Ke-					Ratarata Fitness
		1	2	3	4	5	
0	0.9	0.817104	0.824717	0.737095	0.799019	0.779384	0.7914638
0.1	0.8	0.816087	0.920459	0.758261	0.91602	0.781663	0.838498
0.2	0.7	0.979216	0.775074	0.972945	0.602891	0.866428	0.8393108
0.3	0.6	0.863998	0.678957	0.84307	0.692207	0.774676	0.770582
0.4	0.5	0.907106	0.9514	0.829733	0.900441	0.795648	0.8768656
0.5	0.4	0.885313	0.873374	0.897631	0.803307	0.81916	0.855757
0.6	0.3	0.790797	0.970642	0.895124	0.778907	0.843051	0.855704
0.7	0.2	0.970723	0.81655	0.985637	0.934641	0.903559	0.922222
0.8	0.1	0.969637	0.90402	0.956594	0.987245	0.948221	0.953143
0.9	0	1	1	1	1	1	1

Seleksi chromosome terbaik
Chromosome terbaik (limited (limit sejumlah jumlah pegawai))
4344

No	Nama Perusahaan	Nama Mesin	Kerusakan	Tingkat Kerusakan	Estimasi Waktu	Jumlah Pegawai Sebelum Optimasi	Jumlah Pegawai	Keuntungan
1	PT Semen Tonasa	Mesin Crusher	3	1	1 hari	4 orang	4	840000
2	PT Semen Tonasa	Mesin Boiler	3	1	1 hari	4 orang	3	665000
3	PT Semen Tonasa	Mesin Chiller	2	2	4 hari	8 orang	4	5550000
4	PT Semen Tonasa	Mesin Penyulingan Air	2	2	4 hari	8 orang	4	7850000
				Total :	14925000			

Gambar 2 Hasil Optimasi Keuntungan Sesuai Limit Pegawai

Hasil optimasi pegawai pada perusahaan terdiri dari: nama perusahaan, nama mesin, kerusakan, tingkat kerusakan, estimasi waktu, jumlah pegawai sebelum optimasi, jumlah pegawai dan keuntungan. Untuk detail jadwal pekerjaan di setiap perusahaan berdasarkan tingkat kerusakan mulai dari ringan, sedang dan terberat. Berdasarkan hasil tabel diatas sesuai dengan limit pegawai aktif diperusahaan.

B. Optimasi Dengan Jumlah Pegawai Unlimited

Chromosome terbaik unlimited (tidak ada limit sejumlah jumlah pegawai)
4344

No	Nama Perusahaan	Nama Mesin	Kerusakan	Tingkat Kerusakan	Estimasi Waktu	Jumlah Pegawai Sebelum Optimasi	Jumlah Pegawai
1	PT Semen Tonasa	Mesin Crusher	3	1	1 hari	4 orang	4
2	PT Semen Tonasa	Mesin Boiler	3	1	1 hari	4 orang	3
3	PT Semen Tonasa	Mesin Chiller	2	2	4 hari	8 orang	4
4	PT Semen Tonasa	Mesin Penyulingan Air	2	2	4 hari	8 orang	4
				Total :	14925000		

Gambar 3 Hasil Optimasi Keuntungan Dengan Jumlah Pegawai Unlimited

Hasil optimasi pegawai pada perusahaan terdiri dari: nama perusahaan, nama mesin, kerusakan, tingkat kerusakan, estimasi waktu, jumlah pegawai sebelum

optimasi, jumlah pegawai dan keuntungan. Untuk detail jadwal pekerjaan di setiap perusahaan berdasarkan tingkat kerusakan mulai dari ringan, sedang dan berat. Berdasarkan hasil tabel diatas dengan jumlah pegawai *unlimited*.

VII. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan dari optimasi *maintenance* mesin menggunakan algoritma genetika, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Algoritma genetika dapat diterapkan pada permasalahan optimasi *maintenance* mesin produksi untuk meningkatkan produktivitas perusahaan. Yaitu mendapatkan keuntungan yang lebih optimal dengan menggunakan representasi kromosom secara *real code*, teknik *single point crossover*, menggunakan *random mutation*.
2. Untuk mengukur kualitas solusi terbaik pada permasalahan optimasi *maintenance* mesin dengan melihat nilai fitness tertinggi. Fitness tertinggi adalah individu yang memiliki solusi yang paling optimum berdasarkan sistem.
3. Berdasarkan penelitian ini nilai fitness tertinggi yang didapatkan sebesar 0.934404 dengan generasi ke 100.

B. Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian untuk pengembangan sistem ini kedepan sebagai berikut :

1. Diharapkan dalam penelitian selanjutnya penentuan parameter-parameter dalam GA disimulasikan secara terpisah sehingga didapat parameter-parameter yang dapat menghasilkan output yang baik dan juga cepat.
2. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan optimasi GA agar hasil yang didapatkan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lengan dengan Menggunakan Metode Genetic Algorithm pada Simulator Arm Robot 5 DOF (Degree of Freedom). *Jurnal Teknik Mesin S-1*, Vol. 1, 2, 2013.
- [2] Bryan Pramata Jocom, Nurul Hidayat, Putra Pandu Adikara. Penerapan Genetic Algorithm Untuk Optimasi Peningkatan Laba Persediaan Produksi Pakaian . *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* Vol. 2, hlm. 2168-2172, 2018.
- [3] Chandra Wimar Tono Manurung, I Wayan Sukerayasa, Rukmi Sari Hartati. Optimasi Pemasangan dan Kapasitas Kapasitor Shunt Pada Jaringan Distribusi Penjulung Menjangan. *Teknologi Elektro*, Vol. 16, 2017.
- [4] Hijriana, N. Penerapan metode algoritma genetika untuk permasalahan penjadwalan perawat (nurse scheduling problem). *Info Teknik volume 16*, 61-74, 2015.
- [5] Lim, Resmana and Gang, Ong and Gunadi, Kartika. Optimasi pengambilan dan penataan ulang barang di gudang dengan penerapan stack menggunakan metode genetic algorithm. *Jurnal Informatika* Vol. 5, 39 – 52, 2004.
- [6] Nico Saputro, Y. Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Algoritma genetika di Jurusan Sistem Informasi ITS. *Jurnal Teknik Pomits* Vol. 2, 2301-9271, 2013.
- [7] Rahmayanti, D. Pemodelan dan optimasi hidrolisa pati menjadi glukosa dengan metode artificial neural network-genetic algorithm (ann-ga). Undergraduate thesis, universitas diponegoro. *Teknik – Vol. 31*, 0852-1697, 2010.
- [8] Tambunan, L. Implementasi Algoritma genetika dalam Pembuatan Jadwal Kuliah. *Jaringan Sistem Informasi Robotik* Vol. 1, No. 01, 2017.
- [9] William Tanujaya, Dian Retno Sari Dewi, Dini Endah. Penerapan algoritma genetik untuk penyelesaian masalah vehicle routing di pt.mif. *Widya Teknik* Vol. 10, 92-102, 2011.