

ANALISIS PROGRAM OPTIMASI POTONGAN BESI TULANGAN MENGGUNAKAN PROGRAM DINAMIS DAN ALGORITME GREEDY DALAM KONSTRUKSI BETON BERTULANG

¹Yuliana, ²Ida Ayu Ari Angreni, ST., MMT.

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gunadarma

yulianahendi@gmail.com, idaayu@staff.gunadarma.ac.id

Abstract (English)

Waste bar steel materials in concrete construction projects will always be an issue that will be faced by the contractor. Excess bar steel procurement make the material stock will be uncash benefit, inefficient of cut patterns may cause harm to the contractor. The more bar steel purchase that not efficiently used, hence the higher cost be used. Algorithms are method to determinate cut patterns to be more efficient, dynamic programming algorithm is the best approach method for a construction project. To prove it, Reinforcement Cutting Optimization Program (POPBT) Dynamic Programming is evaluated with the results of POPBT Greedy Algorithm. Based on the analysis result, POPBT dynamic programming is easier to use and afford more efficiently results than POPBT greedy. The waste percentage of POPBT dynamic programming is 12.68% (2.887.51 kg) compared with POPBT greedy method percentage is 35.38% (8.055.32 kg) and manual calculation is 51.93% (11.823.57 kg). POPBT dynamic programming minimizes Rp84,892,551 compared to manual calculation and more efficient Rp49,094,195 than the result of POPBT greedy.

Abstrak (Indonesia)

Waste material besi beton dalam proyek konstruksi akan selalu menjadi masalah yang akan dihadapi oleh kontraktor. Kelebihan pemesanan besi beton sehingga material stok besi akan menjadi uncash benefit, pola potong yang tidak efisien dapat menimbulkan kerugian bagi kontraktor. Semakin banyak pembelian besi beton yang tidak terpakai efisien, maka semakin tinggi cost yang harus dikeluarkan. Algoritme menjadi pilihan metode untuk penentuan pola potong yang efisien, algoritme program dinamis merupakan pendekatan terbaik untuk proyek konstruksi, untuk membuktikan hal tersebut Program Optimasi Pemotongan Besi Tulangan (POPBT) program dinamis dianalisis dengan hasil POPBT algoritme greedy. Berdasarkan hasil analisis POPBT program dinamis lebih mudah digunakan dan menghasilkan hasil lebih efisien dibanding POPBT greedy. Persentase waste POPBT program dinamis 12.68% (2.887.51 kg) dibandingkan metode POPBT greedy dengan persentase 35.38% (8.055.32 kg) dan perhitungan manual 51.93% (11.823.57 kg). POPBT program dinamis meminimalisasi kerugian sebesar Rp84,892,551 dibandingkan dengan perhitungan manual, lebih efisien Rp49,094,195 dari hasil POPBT greedy.

Article History

Submitted: 18 September 2024

Accepted: 27 September 2024

Published: 28 September 2024

Key Words

Dynamic Programming, Greedy, Waste Material, Optimization Program, Bar Steel.

Sejarah Artikel

Submitted: 18 September 2024

Accepted: 27 September 2024

Published: 28 September 2024

Kata Kunci

Program Dinamis, Greedy, Waste Material, Program Optimasi, Besi Beton.

PENDAHULUAN

Material merupakan salah satu komponen penentu besar biaya suatu proyek pembangunan, material mempunyai kontribusi 40 – 60% sebagai penentu besar biaya suatu proyek (George Ritz, 1994), dan material *bar steel* (besi beton) merupakan material yang memiliki presentase terhadap biaya tertinggi yaitu berkisar 20 – 30% (C. T. Formoso, 2002). Pelaku konstruksi sering tidak menyadari jika waste material dapat membuat biaya proyek menjadi tidak terkendali sehingga terjadi pembengkakan biaya (*cost overrun*).

Tujuan penelitian ini untuk membandingkan program algoritme greedy dan program dinamis dalam perencanaan program optimasi pemotongan besi tulangan dan mengetahui

jumlah sisa material atau waste yang dihasilkan, dan membandingkan hasil perhitungan program algoritme greedy dan program dinamis dan Ms. Excel yang terdapat pada proyek dalam studi kasus.

TINJAUAN PUSTAKA

Knapsack problem

Salah satu contoh permasalahan meminimalisasi *waste material* yang memiliki bobot atau berat (*weight*) dan nilai atau profit (*value*) untuk dipotong dalam pola tertentu sehingga didapat keuntungan maksimum dari objek-objek tersebut. Permasalahan seperti ini disebut *knapsack problem*, keterbatasan manusia dalam menyelesaikan masalah *knapsack* tanpa menggunakan alat bantu merupakan salah satu kendala dalam pencarian solusi optimum. Apalagi jika dihadapkan dengan jumlah objek terlampaui banyak maka perhitungannya semakin sulit. Efisiensi waktu juga sering menjadi pertimbangan. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode sekaligus program aplikasi penerapan metode tersebut yang dapat membantu menyelesaikan masalah *knapsack* (Martello, 1990). *Knapsack problem* dapat diselesaikan dengan berbagai cara. Terdapat beberapa strategi algoritme yang dapat menghasilkan solusi optimal diantaranya algoritme *greedy*, program dinamis, *branch and bound*, *brute force*, dan genetik. Tetapi algoritme-algoritme tersebut mempunyai karakteristik berbeda dan mempunyai kompleksitas waktu yang berbeda pula.

Program Dinamis

Setiap algoritme memiliki ciri tersendiri dalam penyelesaian masalah, program yang akan dirancang menggunakan pendekatan algoritme program dinamis karena menurut peneliti program dinamis merupakan pendekatan terbaik untuk proyek konstruksi (Ekwardo, 2008). Konsep dasar dari Program dinamis yaitu *optimal structure* yang berarti bahwa solusi optimal untuk submasalah-submasalah (*subproblems*) dapat digunakan untuk menemukan solusi optimal yang utuh untuk masalah yang dihadapi. Pada program dinamis, rangkaian keputusan yang optimal dibuat dengan menggunakan prinsip optimalitas, dengan prinsip tersebut dijamin jika pengambilan keputusan pada suatu tahap adalah keputusan yang benar untuk tahap-tahap selanjutnya. Jika solusi total optimal maka bagian solusi sampai tahap ke- k juga optimal. Prinsip optimalitas berarti bahwa jika dari tahap ke k ke tahap ke $k+1$, dapat menggunakan hasil optimal dari tahap ke k tanpa harus kembali ke tahap awal. Ongkos dari tahap $k+1$ = ongkos yang dihasilkan pada tahap ke k . Dengan prinsip optimalitas ini dijamin jika pengambilan keputusan pada suatu tahap yang benar untuk tahap-tahap selanjutnya. Perbedaan antara algoritme *greedy* dan program dinamis adalah pada metode *greedy* hanya satu rangkaian keputusan yang perlu dihasilkan, sedangkan pada metode program dinamis lebih dari satu rangkaian keputusan yang memenuhi prinsip optimalitas yang akan dihasilkan (Munir, 2011).

Eclipse

Program optimasi dengan mengimplementasikan algoritme program dinamis akan dikembangkan menggunakan eclipse. Eclipse adalah sebuah IDE (*Integrated Development Environment*) untuk mengembangkan perangkat lunak dan dapat dijalankan di semua platform (*platform-independent*). Selain untuk mengembangkan aplikasi, Eclipse juga dapat digunakan untuk keperluan lainnya seperti dokumentasi, melakukan tes pada perangkat lunak dan juga dapat digunakan untuk mengembangkan sebuah *website* dan sebagainya. (Wikipedia, 2016).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu melakukan studi yang bersifat kuantitatif yang digunakan untuk meneliti berapa besar nilai sisa material *bar steel* pada pekerjaan struktur beton bertulang. Nilai sisa material (*waste*) adalah hal yang patut dipertimbangkan dalam proyek konstruksi, nilai *waste* dapat ditekan seminim mungkin dengan perencanaan manajemen pekerjaan *bar steel* yang baik. *Waste material* sangat menentukan besarnya *waste cost*, sehingga dapat merugikan kontraktor. Dengan mengembangkan aplikasi yang dapat mengoptimalkan perhitungan potongan tulangan dengan menggunakan algoritme *greedy* dan program dinamis dengan seteliti mungkin maka akan mengurangi dampak *waste material* yang akan terjadi. Analisis dilakukan dengan cara membandingkan *output* dari kedua aplikasi serta Ms. Excel. *Output* aplikasi tersebut yaitu pola potong, sisa material dalam jumlah, panjang dan kilogram, persentase total sisa material dan volume pemesanan besi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan merancang perangkat lunak dengan mengimplementasikan algoritme untuk meneliti berapa besar nilai sisa material *bar steel* pada pekerjaan struktur beton bertulang, menghasilkan pola potong dan kemudian melakukan perbandingan hasil dengan jumlah sisa material terendah. Pembuatan aplikasi pada penelitian ini dilatarbelakangi oleh tingginya nilai *waste* besi tulangan yang terjadi pada beberapa proyek konstruksi.

Waste material besi beton dalam proyek konstruksi akan selalu menjadi masalah yang akan dihadapi oleh kontraktor. Kelebihan pemesanan besi beton sehingga material stok besi akan menjadi *uncash benefit*, pola potong yang tidak efisien dapat menimbulkan kerugian bagi kontraktor. Semakin banyak pembelian besi beton yang tidak terpakai efisien, maka semakin tinggi *cost* yang harus dikeluarkan. Besi bekas dipasaran berkisar 2000-2500/kg, sedangkan harga besi baru perkg berkisar 9500/kg, penurunan harga besi sisa pakai atau besi bekas berkisar 76,3%. Meskipun sisa material tersebut dapat dimanfaatkan kembali, namun tingginya presentase sisa material dan penurun harga jual tentunya dapat merugikan kontraktor. Tujuan utama pembuatan aplikasi adalah untuk meningkatkan keuntungan kontraktor dengan cara mengoptimalkan pola potong tulangan dan pembelian besi tulangan sehingga *waste material* dapat diminimalisasi.

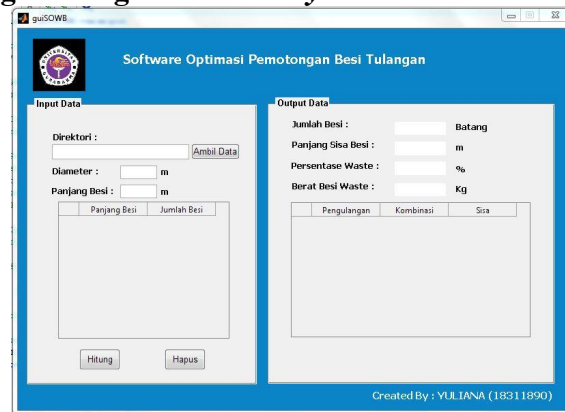
Hasil Perhitungan Secara Konvensional

Tabel 1. Rekapitulasi Tulangan Gedung Student Center & Amphitheater

REKAPITULASI KEBUTUHAN TULANGAN				
No	Area	Waste Length (m)	Waste Weight (kg)	FS Needs (bars)
1	Pile cap	610.58	1,080.58	326.00
2	Student Center	4,704.10	7,449.57	833.00
3	Amphitheater	2,288.55	3,313.84	815.00
Sum		7,603.22	11,843.99	1,974.00

Kebutuhan pembelian besi beton fabrikasi untuk gedung *Student Center* dan *Amphitheater* yaitu sebanyak 1.974 batang, dengan sisa material seberat 11.843,99 kg.

Hasil Perhitungan Program Algoritme Greedy



Gambar 1. Tampilan Awal POPBT Algoritme Greedy

Syarat penggunaan Program Optimasi *Waste* Besi Tulangan (POPBT) *Greedy* adalah sebagai berikut :

1. Data panjang dan jumlah tulangan harus ditulis pada sheet Ms. Excel secara vertikal (menurun kebawah), column A diisi dengan panjang tulangan dan column B diisi dengan jumlah tulangan.
2. Penulisan data harus diurutkan dari yang terbesar ke terkecil.
3. Tulangan yang dihitung harus memiliki diameter yang sama.
4. Masukan data menggunakan titik.

Tabel 2. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan POPBT Algoritme Greedy

No	Area	Dim	Waste Length (m)	Waste Weight (kg)	FS Needs (bars)	%Waste
1	Pile Cap	D13	126.61	131.92	63	16.75%
		D16	133.85	211.58	72	15.49%
		D19	76.29	169.79	50	12.72%
		D22	30.92	92.28	13	19.82%
2	Student Center	D13	383.3	399.38	491	6.50%
		D22	1233.19	3679.9	319	32.21
		D25	251.2	967.96	64	32.71
3	Amphi theater	D10	12.48	7.69	17	6.12%
		D13	148.81	155.05	421	2.95%
		D19	894.92	1991.81	299	24.94%
		D22	83.09	247.96	16	43.28%
Sum			3374.66	8055.32	1825	

Kebutuhan yang dihitung dengan POPBT *Greedy* yaitu sebanyak 1825 batang, dengan sisa material seberat 8055.32 kg.

Hasil Perhitungan Program Dinamis

Tampilan utama dari POPBT Program Dinamis terdapat kolom *Steel Fabrication* (cm) data yang diinput dalam kolom ini berupa panjang besi beton fabrikasi yaitu 1200 cm, *Steel Diameter* (cm) data yang diinput berupa diameter besi yang akan dihitung, *Type* adalah jumlah tipe besi yang diklasifikasin dari panjang tulangan, jumlah tipe dapat disesuaikan

sesuai keinginan *user* lalu klik tombol *set type*. Data panjang tulangan dan jumlah potongan diinput pada kolom yang tersedia pada kolom *input*, data di *input* secara horisontal. Setelah semua data diinput lalu klik *calculate*. Pada menu *file* terdapat pilihan *reset* yang digunakan untuk menghapus semua memori yang telah digunakan dalam pencarian solusi, dan menu *exit* yang digunakan untuk mengakhiri program.

Gambar 2. Tampilan utama POPBT Program Dinamis

Variable yang akan diinput didapatkan dari rekapitulasi kebutuhan *bar steel* yang diklasifikasikan berdasarkan diameter tulangan dan area pemasangan, batasan penggunaan POPBT Program dinamis adalah sebagai berikut :

1. Diameter tulangan yang dihitung harus sama
2. *Input* data yang dimasukan harus sesuai dengan jumlah *type* pada program, jumlah *type* dapat diubah sesuai keinginan *user*
3. Panjang tulangan dan diameter diinput dalam satuan *centimeter* (cm)
4. Komputer harus sudah terinstall *Java Development Kit* (JDK) aau *Java SE Runtime Environment* (JRE).

Tabel 3. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan POPBT Program Dinamis

No	Area	Dim	Waste Length (m)	Waste Weight (kg)	FS Needs (bars)	%Waste
1	Pile cap	D13	6.61	6.89	53	1.04%
		D16	49.86	78.7	65	6.39%
		D19	52.29	116.38	48	9.08%
		D22	18.92	56.46	12	13.14%
2	Student Center	D13	38.76	40.39	464	0.70%
		D22	284.48	848.9	240	9.88
		D25	35.2	135.64	46	6.38
3	Amphi theater	D10	0.48	0.3	16	0.25%
		D13	30.68	31.97	413	0.62%
		D19	594.8	1323.85	274	18.09%
		D22	83.12	248.03	16	43.29%
Sum			1195.2	2887.51	1647	

Kebutuhan pembelian besi beton fabrikasi untuk gedung *Student Center* dan *Amphitheater* yang dihitung dengan POPBT Program Dinamis yaitu sebanyak 1647 batang, dengan sisa material seberat 2887.51 kg.

Analisis Hasil Perhitungan Konvensional Dan Program

Perhitungan secara manual dimulai dengan pengolahan data gambar untuk mendapatkan ukuran tulangan yang dibutuhkan dengan menggunakan rumus dan standarisasi proyek untuk *bar bending schedule*. Semua ukuran didata dan dikelompokkan masing-masing sesuai dengan area pemasangan, diameter dan panjang potongan yang akan digunakan sebagai data input POPBT. Setelah data di *run* kemudian didapatkan hasil *output* berupa panjang besi sisa, berat besi sisa, pola potong besi, persentase *waste material* serta jumlah kebutuhan besi. BeRIKUT adalah perbandingan hasil perhitungan dengan POPBT program dinamis, POPBT greedy dan perhitungan manual dengan Ms.Excel:

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Perhitungan

No	Area	Waste Length (m)	Waste Weight (kg)	FS Needs (bars)	%kg
1	Program Dinamis	1,195.20	2,887.51	1,647.00	12.68
2	Greedy	3,374.66	8,055.32	1,825.00	35.38
3	Manual	7,583.62	11,823.57	1,974.00	51.93
Summary		12,153.48	22,766.40	5,446.00	100%

POPBT program dinamis adalah yang paling efisien dalam perhitungan optimasi besi beton, dengan persentase waste 12.68% dibandingkan metode POPBT greedy dengan persentase 35.38% dan perhitungan manual 51.93%. Perbandingan berat besi sisa dapat dilihat pada Grafik 1.



Grafik 1. Perbandingan Berat Besi Sisa

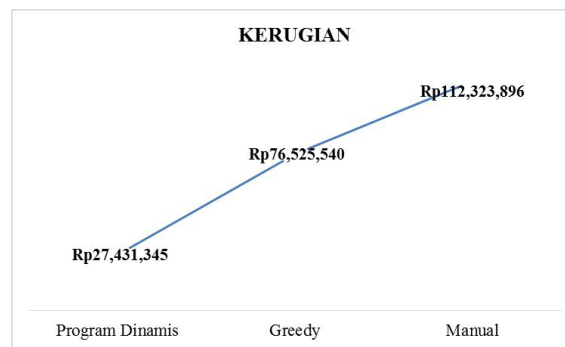
Secara keseluruhan POPBT program dinamis telah berhasil meminimalisasi pemakaian material besi beton. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat penghematan yang terjadi melalui besarnya dana yang dipergunakan untuk membeli material tersebut. Kita dapat membandingkan penggunaan dana antara perhitungan manual dan POPBT. Perbandingan dihitung dengan perbandingan harga besi baru dan besi bekas yang dikalikan dengan total berat besi sisa. Rekapitulasi perbandingan harga yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perkiraan Kerugian Kontraktor

No	Area			Kerugian
		Waste Weight	Harga Besi	

		Kg	Rp	
1	Program Dinamis	2,887.51	Rp 9,500	Rp 27,431,345
2	<i>Greedy</i>	8,055.32	Rp 9,500	Rp 76,525,540
3	Manual	11,823.57	Rp 9,500	Rp 112,323,896

Dengan menggunakan POPBT program dinamis, dapat meminimalisasi kerugian sebesar Rp 84,892,551 dibandingkan dengan perhitungan manual, lebih efisien Rp 49,094,195 dari hasil POPBT greedy.



Grafik 2. Perbandingan Kerugian

KESIMPULAN

Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan dengan mengimplementasikan program dinamis dalam permasalahan *unbounded knapsack problem* dan membuat Program Optimasi Pemotongan Besi Tulangan (POPBT) program dinamis dengan bantuan eclipse. Hasil *output* dari POPBT program dinamis kemudian dibandingkan dengan POPBT *Greedy* dan perhitungan besi tulangan secara konvensional (manual). Dari proses penelitian dan perhitungan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. POPBT program dinamis adalah yang paling efisien dalam perhitungan optimasi besi beton, dengan persentase *waste* 12.68% (2,887.51 kg) dibandingkan metode POPBT *greedy* dengan persentase 35.38% (8,055.32 kg) dan perhitungan manual 51.93% (11,823.57 kg)
2. POPBT program dinamis dapat meminimalisasi kerugian sebesar Rp84,892,551 dibandingkan dengan perhitungan manual, lebih efisien Rp49,094,195 dari hasil POPBT *greedy*.
3. POPBT program dinamis lebih mudah digunakan karena hanya perlu menginstall *Java Development Kit (JDK)* atau *Java RE Runtime Environment (JRE)* yang dapat diunduh secara gratis, sedangkan POPBT *greedy* memerlukan Matlab dalam penggunaannya.
4. Data yang diinput pada POPBT program dinamis akan diurutkan secara otomatis oleh program sedangkan POPBT *greedy* perlu mengurutkan data yang diinput dari panjang yang terbesar ke yang terkecil dalam Ms. Excel untuk mengoptimalkan perhitungan.
5. Penggunaan POPBT program dinamis sebagai program bantu dalam menyelesaikan persoalan optimasi terbukti lebih efisien dan efektif. Hal tersebut dapat dilihat dari : 1. *Input* yang dilakukan lebih sederhana dan cepat. 2. *Output* yang didapatkan lebih sederhana dan tepat (sisa potongan dan jumlah batangan). 3. Kapasitas yang cukup banyak. 4. Program berkapasitas ringan dan cepat dijalankan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 03 Maret 2014. *Konsep Algoritma Greedy*.
<http://blog.binadarma.ac.id/andri/?p=268>.
- Anonim, 10 Oktober 2014. *Daftar Harga Besi Beton Terbaru Update 2014*.
<http://www.desaindenahrumah.com/2014/03/harga-besi-beton.html>.
- Asnudin, Andi. 2010. “Pengendalian Sisa Material Konstruksi Pada Pembangunan Rumah Tinggal”. *Jurnal MEKTEK*. XII, (3): 162 – 165
- Chinanuwatwong, Santi. 2000. “Reducing Waste from Cutting Reinforcing Steel in Construction Projects”. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 34: 526 – 535.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1971. *Peraturan Beton. Bertulang Indonesia (PBBI) 1971*. Bandung: Badan Penelitian.
- Dimiyati, T. T., & Dimiyati, A. 1992. *Operation Research: Model-model Pengembalian Keputusan*. Bandung: Sinar Baru.
- Ekwardo, Odit. 2008. *Studi dan Implementasi Algoritma Optimasi Pemotongan Bar Steel*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Formoso, C.T., et al. 2002. “Material waste in building industry: Main causes and prevention”, *Journal of Construction Engineering and Management*. 128, (24): 316 – 325.
- Houcque, David. 2005. *Introduction to Matlab for Engineering Students*. Northwestern University.
- Khadaifi, Muhammad. 2008. *Analisis Penggunaan Aplikasi Software Optimasi Waste Besi pada Pekerjaan Struktur Beton Bertulang*. Depok: Universitas Indonesia.
- Kork, MAN., dkk. 2013. “Perhitungan Kebutuhan Tulangan Besi Dengan Memperhitungkan Optimasi Waste Besi Pada Pekerjaan Balok Dengan Program Microsoft Excel”. *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*. pp. 290 – 295
- Martello, S., Toth, P. 1990. An exact algorithm for large unbounded knapsack problems. *Operation research letters* 9(1): 15-20.
- Moler, Clever., 2011. *Experiments with MATLAB*. MathWorks, Inc.
- Munir, Rinaldi. 2011. *Program Dinamis (Dynamic Programming) Bahan Kuliah IF2211 Strategi Algoritma*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Rahmawati, Farida. dan Diana Wahyu Hayati. (2013). “Analisa Sisa Material Konstruksi Dan Penanganannya Pada Proyek Gedung Pendidikan Profesi Guru Universitas Negeri Surabaya (177k)”. *Jurnal Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7)*. pp. 181 – 187
- Ritz, George., 1994. *Total Construction Project Management*. McGraw-Hill Book Company.
- Sengupta, Bratsih dan Himadri Guha. 1995. *Contruction Management and Planning*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Skoyles, E. R. Skoyles, J. R. 1987. *Waste Prevention on Site*. London: The Mitchell Publising Company Limited.
- Suanda, Budi. 20 Pebruari 2014. *Waste besi tinggi Tenang, ada SOWB*.
<http://manajemenproyekindonesia.com/>
- Sun, Kuk Kim. 2004. “Algorithms for Reducing the Waste Rate of Reinforcement Bars”. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. 3, (1): 17 – 2.
- Surya, Fath Ade. 2009. Implementasi Algoritma Genetika Pada Permasalahan Cutting Stock. *Tugas Akhir*. Universitas Gunadarma. Depok.
- Suyanto. 2010. *Algoritma Optimasi Deterministik atau Probabilitik*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Widiarsono, Teguh. 2005. *Tutorial Praktis Belajar Matlab*. Jakarta Pusat.
- Wikipedia, 10 Oktober 2016. Eclipse (Perangkat Lunak).
[http://id.wikipedia.org/wiki/Eclipse_\(perangkat_lunak\)](http://id.wikipedia.org/wiki/Eclipse_(perangkat_lunak)).

Zulhidayati, Ika. 2013. Aplikasi Algoritma Greedy dan Program Dinamis (Dynamic Programming) pada permainan Greedy Spiders. *Tugas Akhir*. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.