



## Optimisasi *Non Linear Programming* Multivariat pada Perencanaan Produksi Industri Manufaktur Baja Lapis Seng (BjLS)

Muhammad Ibrahim Ats-Tsauri<sup>1\*</sup>, Ayata Arrasyid<sup>2</sup>, Tringudi Wiyatno<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Master Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Indonesia

<sup>2</sup>Master Manajemen Teknologi, President University, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Pelita Bangsa, Indonesia

Korespondensi email: [atstsauri4@gmail.com](mailto:atstsauri4@gmail.com)

### Abstraksi

*The main objective of this study was to examine the potential of production planning process optimization in Zinc Plated Steel (BjLS) manufacturing industry through Non Linear Programming (NLP) simulation. The manufacturing industry in the steel sub -sector is one of the strategic industries as it is a pillar of national development. Global competition requires companies to continuously improve the efficiency of their production activities, which is heavily influenced by the production planning process. With good production planning, it is hoped that the company can optimize the use of limited resources to achieve the company's goals. This study found that the most appropriate optimization to the real situation of the BjLS manufacturing industry is multivariate NLP with constraints on production volume, production time, raw material supply and budget to purchase raw materials. This research can also provide input on the production mix that best suits the company's resources.*

*Keywords: Optimization, Non Linear Programming (NLP), Multivariate, Production Planning, Manufacturing, Steel Galvanizing*

### I. Pendahuluan

yang sangat besar. Permintaan pasar terhadap produk semakin besar untuk menunjang pembangunan, akan tetapi perdagangan internasional semakin mudah, sehingga persaingan global untuk mengambil *market share* semakin ketat. Untuk dapat bersaing, perusahaan dituntut untuk menghasilkan produk yang berkualitas dengan harga yang terjangkau dan volume yang sesuai dengan kebutuhan pasar [1].

Kegiatan produksi adalah suatu proses mengubah bahan baku menjadi barang jadi atau menambah nilai suatu produk

(barang dan jasa) agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat [2]. Sektor perindustrian merupakan salah satu sektor yang berperan penting dalam pembangunan ekonomi nasional [3]. Industri yang berkembang akan menciptakan persaingan yang tinggi, sehingga akan berpengaruh terhadap masing-masing perusahaan untuk meningkatkan keuntungannya.

Setiap perusahaan memerlukan suatu perencanaan jangka panjang untuk menciptakan masa depan usahanya melalui perubahan yang dilaksanakan sejak sekarang. Kondisi ini akan

membawa dunia bisnis kepada pemikiran baru yang lebih maju untuk mengimbangi laju persaingan yang semakin ketat, yaitu dengan memaksimalkan keuntungan. Pasar baja di Indonesia saat ini dipasok baja impor dari luar negeri sebesar 70 persen. Berdasarkan data dari South World Steel Association, kebutuhan baja di Cina hanya 47,8 juta ton tetapi produksinya mencapai 90,2 juta ton. Sementara kebutuhan baja di Vietnam hanya 1,52 juta ton, tetapi produksinya mencapai 3,49 juta ton [4]. Pada tahun 2020, kebutuhan baja di Indonesia mencapai 15,09 juta ton tetapi produksi baja dalam negeri hanya mencapai 13 juta ton [5].

Kelebihan produksi ini membuat dua negara tersebut menjualnya ke negara lain seperti Indonesia. Hal ini dikarenakan masih lebih tingginya permintaan daripada kapasitas produksi dalam negeri. Persoalan yang umum dihadapi oleh perusahaan adalah bagaimana mengkombinasikan faktor produksi atau sumber daya yang dimiliki secara bersama dengan tepat agar diperoleh keuntungan maksimal dengan biaya yang minimal.

Persoalan yang umum dihadapi oleh perusahaan adalah mengenai alokasi faktor-faktor produksi atau sumber daya yang terbatas dengan tepat agar diperoleh keuntungan maksimal, terutama pada kondisi ketidakpastian tinggi. Sebagai upaya melakukan optimisasi perencanaan produksi B<sub>JLS</sub>, masalah yang ingin dipecahkan adalah bagaimana melakukan perencanaan produksi dengan sumber daya yang terbatas agar dapat mencapai target produksi dengan keuntungan maksimal.

## **II. Tinjauan Pustaka**

### **Optimisasi**

Optimisasi merupakan cara mencari nilai terbesar atau terkecil sesuai dengan fungsi tujuan yang ingin dicapai. Untuk dapat mencari nilai optimal secara sistematis dilakukan pemilihan nilai variabel integer atau nyata yang akan memberikan solusi optimal [6]. Teknik penyelesaian sistem optimisasi secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu teknik pemograman matematika, teknik proses stokastik, dan metode statistik.

### **Perencanaan Produksi**

Perencanaan produksi adalah proses untuk memproduksi barang-barang pada suatu periode tertentu sesuai dengan yang diramalkan atau dijadwalkan melalui pengorganisasian sumber daya seperti tenaga kerja, bahan baku, mesin dan peralatannya [7]. Perencanaan produksi menuntut penaksir atas permintaan produk atau jasa yang diharapkan akan disediakan perusahaan dimasa yang akan datang. Oleh karena itu, peramalan merupakan bagian integral dari perencanaan produksi [8].

Perencanaan produksi berkaitan dengan sumber daya yang tersedia mulai dari kapasitas produksi, material, tenaga kerja, mesin dan peralatan pendukung lainnya. Perencanaan produksi lebih baik dilakukan dengan menganalisis permintaan konsumen terhadap produk yang dipasarkan agar menghindari terjadinya kesenjangan antara produk yang diminta konsumen dengan produk yang di produksi oleh perusahaan .

## Tujuan Perencanaan Produksi

Tujuan perencanaan produksi adalah [9]:

- a) Sebagai pertimbangan awal untuk menentukan aktivitas produksi, yaitu dalam jadwal induk produksi.
- b) Sebagai pertimbangan dalam merencanakan pemakaian sumber daya untuk mendukung perencanaan produksi.
- c) Sebagai pertimbangan dalam rangka pencapaian stabilitas produksi dan tenaga kerja terhadap fluktuasi permintaan.

Perencanaan produksi pada industri manufaktur umumnya terdiri dari kegiatan-kegiatan berikut:

- a) Menentukan bauran produk yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan
- b) Menyesuaikan tingkat produksi yang diperlukan dengan sumber daya yang ada
- c) Menjadwalkan dan memilih pekerjaan aktual yang akan dimulai di fasilitas pabrik
- d) Menyiapkan dan mengirimkan pesanan produksi ke fasilitas produksi.

## Baja Lapis Seng (BjLS)

Dua spesifikasi produk BjLS yang dipakai pada penelitian ini adalah:

- a) Produk A: BjLS 0,20 x 914 Z20 *Hard Chromated* (Diatas kualitas standar SNI, spesial produksi *Engineered to Order* berdasarkan permintaan konsumen)

- b) Produk B: BjLS 0,20 x 914 Z12 *Hard Chromated* (Kualitas standar SNI).

Kedua produk diatas bahan baku utama yang sama, namun dengan kuantitas yang berbeda. Parameter produksi yang dipakai berbeda sehingga waktu produksi kedua produk tidak sama.

## LINGO

LINGO adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimisasi berskala besar. Model program yang dapat diselesaikan antara lain adalah *Linear Programming* (LP), *Integer Programming* (IP), *Quadratic Programming* (QP), dan *Non Linear Programming* (NLP). Solusi model akan dicari menggunakan software LINGO 18.0 secara simultan dengan metode *Branch and Bound*. Software LINGO 18.0 yang digunakan dalam penelitian ini adalah khusus untuk edukasi dengan batas maksimum kendala, variabel, integer variabel, non linear variabel, dan global variabel. Software tersebut hanya maksimal mampu menjalankan 4000 kendala, 8000 variabel, 800 *integer* variabel, 800 *non linear* variabel, dan 20 global variabel [10]. Model yang dikembangkan masih dalam batasan maksimum sehingga model masih bisa dikerjakan dengan menggunakan *software* tersebut.

LINGO memiliki empat macam *solver* yang digunakan untuk menyelesaikan berbagai tipe model yang berbeda, yaitu *Direct Solver*, *Linear Solver*, *Nonlinear Solver*, dan *Branch and Bound* [10]. *Direct Solver* akan menghitung nilai-

nilai untuk sebanyak mungkin variabel. Jika *Direct Solver* menemukan sebuah kendala dengan satu variabel yang tidak diketahui, itu menentukan nilai untuk variabel yang memenuhi kendala. *Direct Solver* berhenti ketika variabel yang tidak diketahui sudah tidak ditemukan lagi atau tidak ada lagi sisa kendala dengan variabel yang tidak diketahui.

*Linear Solver* di LINGO menggunakan metode simpleks yang direvisi dengan bentuk produk terbalik. *Nonlinear Solver* menggunakan algoritma *Successive Linear Programming* (SLP) dan *Generalized Reduced Gradient* (GRG). Metode *Branch and Bound* digunakan untuk menyelesaikan model bilangan bulat (*integer*). Pada model *linear integer*, LINGO sangat memperhatikan *pre-processing*, yaitu menambahkan kendala pemotongan untuk membatasi daerah layak *non integer*. Pemotongan ini akan meningkatkan akurasi solusi untuk model *integer programming*.

#### ***Successive Linear Programming (SLP)***

Algoritma SLP dapat memecahkan masalah pengoptimalan nonlinier melalui rangkaian program linier. Algoritma ini telah banyak digunakan terutama di industri minyak dan kimia, dimulai dengan perkenalannya oleh Griffith dan Stewart dari Shell Development Company pada tahun 1961 [11]. Sejak itu, beberapa aplikasi dan varian SLP telah muncul, yang terbaru adalah algoritma SLPR yang dijelaskan di jurnal ini pada tahun 1982 oleh Palacios-Gomez [12].

Prosedur SLP sangat menarik karena cukup mudah diimplementasikan jika tersedia kode LP yang efisien dan fleksibel, dapat memecahkan masalah yang tidak dapat dipisahkan serta dapat dipisahkan, dapat diterapkan pada masalah sebesar yang dapat ditangani oleh kode LP (seringkali ribuan kendala dan variabel), dan telah berhasil dalam banyak aplikasi praktis.

#### ***Generalized Reduced Gradient (GRG)***

Metode optimasi ini diusulkan oleh Lasdon pada 1978, dan adalah salah satu metode yang paling populer untuk menyelesaikan masalah optimisasi non linier karena hanya menyaratkan fungsi tujuannya dapat diturunkan [13]. Ide utama dari metode ini adalah untuk memecahkan masalah nonlinier yang berhubungan dengan aktif ketidaksetaraan. Variabel dipisahkan menjadi satu set variabel dasar (*dependen*) dan variabel non-dasar (*independen*). Kemudian, gradien tereduksi dihitung secara berurutan untuk menemukan nilai minimum dalam arah pencarian. Proses ini diulangi sampai konvergensi diperoleh [14].

### **III. Metodologi**

Pada penelitian ini dilakukan tahapan penelitian sesuai langkah-langkah berikut:

- a. Melakukan identifikasi awal mengenai permasalahan yang akan dibahas.
- b. Melakukan studi literatur tentang perencanaan, optimisasi NLP, dan LINGO 18.

- c. Membuat perumusan masalah berdasarkan identifikasi pada awal penelitian.
  - d. Menentukan tujuan yang ingin dicapai dari penelitian.
  - e. Mencari data yang dibutuhkan dengan melakukan survei ke pabrik secara langsung.
  - f. Membuat model optimisasi NLP multivariat dengan berbagai skenario kendala.
  - g. Melakukan simulasi pada LINGO 18 dan melakukan analisis model.
  - h. Memilih model optimisasi NLP multivariat yang paling mewakili tujuan penelitian.
  - i. Menarik kesimpulan dan saran berdasarkan hasil analisis data.
- b) Volume produksi dengan kebutuhan bahan baku utama
  - c) Volume produksi dengan *Cost of Goods Manufactured*
  - d) Volume produksi dengan *Gross Sales Revenue*
  - e) Volume produksi dengan EBITDA.

Karena poin c) dan d) terkait dengan rahasia usaha, maka pada penelitian ini dilakukan penyederhanaan dengan asumsi *Sales Price* dan *Sales Demand* dianggap tetap, sehingga dapat ditemukan hubungan antara poin a) dan b) dengan poin e). Pada model matematis ini terdapat dua variabel berubah yaitu  $x_A$  dan  $x_B$ .

### Skenario Optimisasi Perencanaan Produksi

Tiga skenario pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 disusun berdasarkan asumsi berikut:

## IV. Hasil dan Pembahasan

### Perumusan Model Matematis

Pemodelan matematis yang dipakai pada tiga skenario dibawah adalah hasil penyederhanaan data aktual produksi. Data yang dipakai dipastikan telah memenuhi kriteria valid, asli, terkini, dan memadai sehingga pemodelan tersebut dapat mengilustrasikan hubungan antara:

- a) Volume produksi dengan waktu produksi
- b) Perencanaan produksi produk A dan B adalah suatu sistem tertutup
- c) Kebutuhan bahan baku utama selalu dapat terpenuhi
- d) Harga bahan baku utama tidak berubah
- e) *Demand* terhadap produk tidak berubah
- e) Harga jual produk tidak berubah.

**Tabel 1.** Skenario A: maksimasi EBITDA/bulan dengan *supply* bahan baku dan *budget* pembelian tidak terbatas

Prod. Spec	Prod. Plan MT GI/bln	Net Prod. Time days/bln	BOM CR/GI MT CR/MT GI	BOM Zn/GI MT Zn/MT GI	EBITDA IDR/MT GI
A	$x_A$	$13,902x_A/3600$	$0,929x_A$	$0,071x_A$	$1,020*MC_A - 0,020x_B^2$
B	$x_B$	$12,822x_B/3600$	$0,940x_B$	$0,060x_B$	$1,015*MC_B - 0,015x_A^2$
Kendala	7000	28			

**Tabel 2.** Skenario B: maksimasi EBITDA/bulan dengan *supply* bahan baku terbatas dan *budget* pembelian tidak terbatas

Prod. Spec	Prod. Plan MT GI/bln	Net Prod. Time days/bln	BOM CR/GI MT CR/MT GI	BOM Zn/GI MT Zn/MT GI	EBITDA IDR/MT GI
A	$x_A$	$13,902x_A/3600$	$0,929x_A$	$0,071x_A$	$1,020*MC_A - 0,020x_B^2$
B	$x_B$	$12,822x_B/3600$	$0,940x_B$	$0,060x_B$	$1,015*MC_B - 0,015x_A^2$
Kendala	7000	28	8000	600	

**Tabel 3.** Skenario C: maksimalisasi EBITDA/bulan dengan *supply* bahan baku dan *budget* pembelian terbatas

Prod. Spec	Prod. Plan MT GI/ bln	Net Prod. Time days/bln	BOM CR/GI MT CR/MT GI	BOM Zn/GI MT Zn/MT GI	EBITDA IDR/MT GI
A	$x_A$	$13,902x_A/3600$	$0,929x_A$	$0,071x_A$	$1,020*MC_A - 0,020x_B^2/1000$
B	$x_B$	$12,822x_B/3600$	$0,940x_B$	$0,060x_B$	$1,015*MC_B - 0,015x_A^2/1000$
Kendala	7000	28	8000	600	

### Penyusunan Persamaan Matematis

Ketiga skenario diatas kemudian disusun menjadi persamaan kuadratik berikut:

A. Maksimasi EBITDA dengan kendala jumlah dan waktu produksi.

Fungsi tujuan:

$$F(x) = (1.020 * (0.929 * x_A * 11.10 + 0.071 * x_A * 42.630) - 0.020 / 1000 * x_B^2) + (1.015 * (0.940 * x_B * 11.10 + 0.060 * x_B * 42.630) - 0.015 / 1000 * x_A^2);$$

Fungsi kendala:

$$x_A + x_B \geq 7000;$$

$$(13.902 * x_A + 12.822 * x_B) / 3600 \leq 28;$$

$$x_A \geq 0;$$

$$x_B \geq 0;$$

B. Maksimasi EBITDA dengan kendala jumlah dan waktu produksi serta *supply* bahan baku.

Fungsi tujuan:

$$F(x) = (1.020 * (0.929 * x_A * 11.10 + 0.071 * x_A * 42.630) - 0.020 / 1000 * x_B^2) + (1.015 * (0.940 * x_B * 11.10 + 0.060 * x_B * 42.630) - 0.015 / 1000 * x_A^2);$$

Fungsi kendala:

$$x_A + x_B \geq 7000;$$

$$(13.902 * x_A + 12.822 * x_B) / 3600 \leq 28;$$

$$0.929 * x_A + 0.940 * x_B \leq 8000;$$

$$0.071 * x_A + 0.060 * x_B \leq 600;$$

$$x_A \geq 0;$$

$$x_B \geq 0;$$

C. Maksimasi EBITDA dengan kendala jumlah dan waktu produksi, *supply* bahan baku, serta *budget* bahan baku.

Fungsi tujuan:

$$F(x) = (1.020 \cdot (0.929 \cdot x_A + 0.071 \cdot x_A \cdot 42.630) - 0.020/1000 \cdot x_B^2) + (1.015 \cdot (0.940 \cdot x_B + 0.060 \cdot x_B \cdot 42.630) - 0.015/1000 \cdot x_A^2);$$

$$11.10 \cdot (0.929 \cdot x_A + 0.940 \cdot x_B) + 42.63(0.071 \cdot x_A + 0.060 \cdot x_B) \leq 100000;$$

$$x_A \geq 0;$$

$$x_B \geq 0;$$

Fungsi kendala:

$$x_A + x_B \geq 7000;$$

$$(13.902 \cdot x_A + 12.822 \cdot x_B)/3600 \leq 28;$$

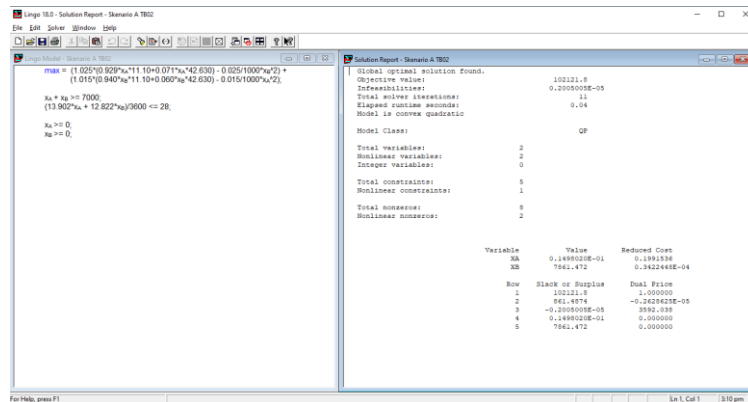
$$0.929 \cdot x_A + 0.940 \cdot x_B \leq 8000;$$

$$0.071 \cdot x_A + 0.060 \cdot x_B \leq 600;$$

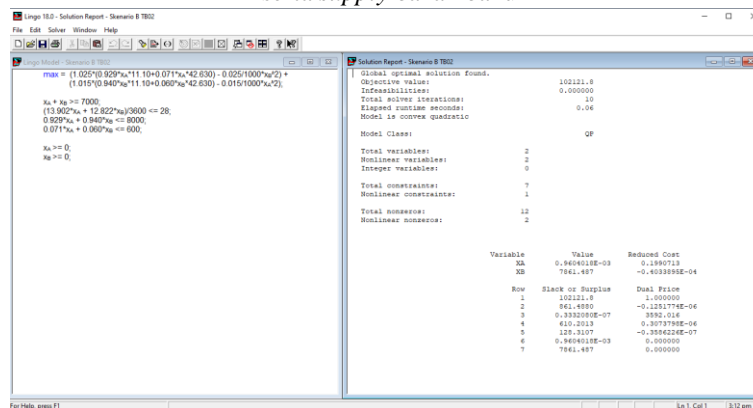
### Penyelesaian Persamaan

Penyelesaian persamaan matematis untuk ketiga skenario diatas dilakukan melalui simulasi *Non Linear Programming Multivariate* pada program LINGO 18.0. Hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3 serta dirangkum pada Tabel 4.

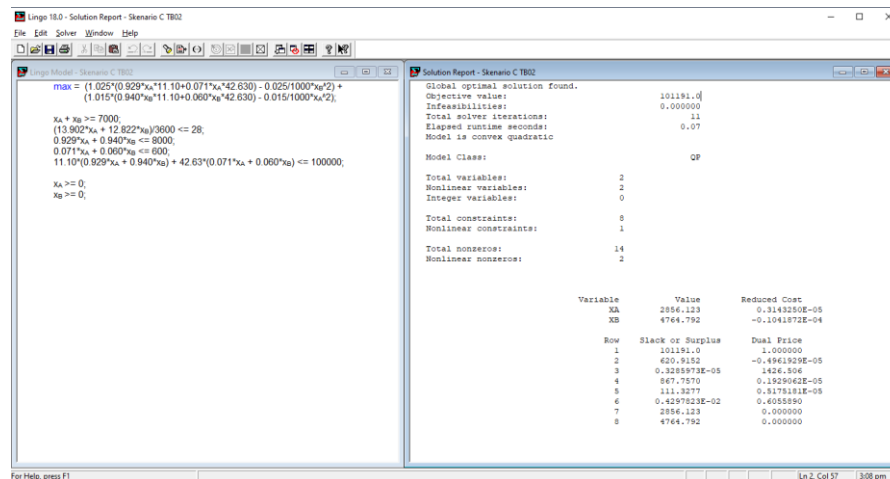
**Gambar 1.** Skenario A: maksimasi EBITDA/bulan dengan kendala jumlah dan waktu produksi



**Gambar 2.** Skenario B: maksimasi EBITDA/bulan dengan kendala jumlah dan waktu produksi serta *supply* bahan baku



**Gambar 3.** Skenario C: maksimasi EBITDA/bulan dengan kendala jumlah dan waktu produksi serta *supply* bahan baku dan *budget* pembelian bahan baku



**Tabel 4.** Rangkuman hasil penyelesaian persamaan matematis

Sk.	Fungsi Tujuan	Kendala I	Kendala II	Kendala III	Kendala IV	Kendala V	Bentuk Model	Catatan
A	EBITDA	Volume produksi	Hari produksi				Kuadratik	Global optimal solution
B	EBITDA	Volume produksi	Hari produksi	CR supply	Zn supply		Kuadratik	Global optimal solution
C	EBITDA	Volume produksi	Hari produksi	CR supply	Zn supply	Budget	Kuadratik	Global optimal solution
Sk.	EBITDA (IDR Mil/ bulan)	XA (MT/bulan)		XB (MT/ bulan)		Catatan		
A	102.122	0,015		7.861,472		Tidak sesuai kondisi riil		
B	102.122	0,001		7.861,487		Kurang sesuai kondisi riil		
C	101.191	2.856,123		4.764,792		Paling sesuai kondisi riil		

## V. Kesimpulan

Kesimpulan penelitian optimisasi perencanaan produksi ini adalah:

- Pemodelan NLP yang dapat mewakili sistem perencanaan produksi B<sub>JLS</sub> dengan baik (paling mendekati kondisi riil) adalah Skenario C.
- Skenario C memberikan EBITDA Rp 101.191 juta/bulan dengan produksi A sebesar 2.856,123 MT/bulan dan produksi B 4.764,792 MT/bulan, yang sesuai dengan trend bauran produksi pada kondisi riil.

Untuk mendapatkan hasil yang tepat guna, penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan cara:

- Menambahkan kendala seperti termin pembayaran, uang muka, atau rugi-rugi valas.
- Memperhitungkan kondisi ketidakpastian yang mungkin terjadi seperti perubahan harga, *supply* bahan baku, dan *demand* dari konsumen; misalnya dengan melakukan analisa sensitivitas.

## Daftar Pustaka

- [1] W. Setiadharmaji, "Konsep Awal Arah Pengembangan Industri



- Besi-Baja Nasional,” 2021. [Online]. Available: [https://iisia.or.id/assets/output/Presentation/Arah\\_Pengembangan\\_Industri\\_Besi-Baja\\_Nasional.pdf](https://iisia.or.id/assets/output/Presentation/Arah_Pengembangan_Industri_Besi-Baja_Nasional.pdf)
- [2] R. Amaranti, C. R. Muhamad, and N. Rusniani, “Perencanaan Produksi Untuk Mereduksi lead Time dengan Strategi Make to Stock (MTS) dan Make to order (MTO),” *Semin. Nas. IDEC*, pp. 26–35, 2014, [Online]. Available: [http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/t!@file\\_artikel\\_abstrak/Isi\\_Artikel\\_681944752307.pdf](http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/t!@file_artikel_abstrak/Isi_Artikel_681944752307.pdf)
- [3] Kementerian Perindustrian, “Analisis Perkembangan Industri Indonesia - Edisi IV,” 2018. [Online]. Available: <https://www.kemenperin.go.id/kinerja-industri>
- [4] World Steel Association, “World Steel in Figures 2020,” 2020. [Online]. Available: <http://www.worldsteel.org/wsif.php>
- [5] IISIA, “Produksi Baja Nasional Tahun 2020 Meningkatkan |Update Konsumsi Baja Tahun 2020 dan Outlook 2021 | IISIA,” *IISIA*, 2020. <https://iisia.or.id/post/view/id/produksi-baja-nasional-tahun-2020-meningkat-di-tengah-penurunan-konsumsi-baja-selama-pandemi-covid19>
- [6] T. Harjiyanto, “Aplikasi Model Goal Programming,” pp. 1–105, 2014, [Online]. Available: <http://eprints.uny.ac.id/12570/1/SKRIPSI.pdf>
- [7] M. Anis and S. Nandiroh, “Optimasi Perencanaan Produksi Dengan Metode Goal Programming,” *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 5, no. 3, pp. 133–143, 2007.
- [8] H. Lödding and A. Piontek, “The surprising effectiveness of earliest operation due-date sequencing,” *Prod. Plan. Control*, vol. 28, no. 5, pp. 459–471, Apr. 2017, doi: 10.1080/09537287.2017.1302616 .
- [9] H. Sharma, “An Overview of Production Systems and Production Planning and Control,” *Prod. Plan. Control*, p. 2, 2012, [Online]. Available: <http://www.ddegjust.ac.in/2017/Uploads/11/POM-326.pdf>
- [10] LINDO, “The modeling language and optimizer. Lindo Systems,” *LINDO Syst. Inc.*, p. 989, 2020, [Online]. Available: <http://www.lindo.com/>
- [11] R. E. Griffith and R. A. Stewart, “A Nonlinear Programming Technique for the Optimization of Continuous Processing Systems,” *Manage. Sci.*, vol. 7, no. 4, pp. 379–392, 1961, doi: 10.1287/mnsc.7.4.379.
- [12] F. Palacios-Gomez, L. Lasdon, and M. Engquist, “Nonlinear Optimization By Successive Linear Programming.,” *Manag. Sci.*, vol. V 28, no. N 10, pp. 1106–1120, 1982, doi: 10.1287/mnsc.28.10.1106.
- [13] S. C. Chapra and R. P. Canale, *Numerical Methods for Engineers*.

2006. doi: optimization with MATLAB  
10.1201/9781420010244. programming,” p. 526, 2009.

[14] P. Venkataraman, “Applied