

## Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat Dan Alat Angkut Untuk Mencapai Target Produksi pada Penambangan Andesit Di Pt. Balantak Sirtu Utama, Desa Batu Mandi, Kecamatan Balantak Utara, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah

Wahyu Widya Lestari<sup>1</sup>, Partama Misdiyanta<sup>2</sup>, Novandri Kusuma Wardana<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : [710018049@students.itny.ac.id](mailto:710018049@students.itny.ac.id)

### ABSTRAK (10 PT)

PT. Balantak Sirtu Utama merupakan salah satu perusahaan tambang sirtu (pasir batu) yang terletak di Desa Batu Mandi Kecamatan Balantak Utara Kabupaten Banggai Sulawesi Tengah. PT. Balantak Sirtu Utama menerapkan metode tambang terbuka quarry system dengan target produksi yang direncanakan 52.908 m<sup>3</sup>/bulan. Alat mekanis yang digunakan PT. Balantak Sirtu Utama adalah excavator komatsu PC-300 dan untuk proses pemuatan material dan dump truck fusso 220 Ps 4x2 untuk pengangkutan material. Pada proses pemindahan material dari lokasi loading point ke dumping point diperlukan manajemen yang baik agar produksi dapat tercapai yang tentunya akan sangat berpengaruh pada produksi yang direncanakan. Dari data yang didapat dari lapangan, cycle time excavator komatsu PC-300 terbilang tidak maksimal karena banyaknya waktu yang terbuang (delay) pada saat kegiatan pemuatan sedang berlangsung yaitu rata-rata 1,19 menit. Untuk cycle time dump truck Fuso 220 Ps, dari data yang ada dapat dijelaskan pula bahwa cycle time dari alat angkut ini juga tidak maksimal karena besarnya angka dari waktu tunggu untuk sekali siklus pengangkutan pada saat kegiatan produksi berlangsung yaitu di angka 8,25 menit. Jika pola pemuatan diubah dari pola pemuatan single back up menjadi pola pemuatan double back up maka produksi alat muat excavator komatsu PC-300 dapat di tingkatkan menjadi 99,719 m<sup>3</sup>/bulan, sedangkan alat angkut dump truck mitsubishi fuso 220 ps meningkat menjadi 58,349 m<sup>3</sup>/bulan. Dan jika dilakukan perbaikan front dengan waktu edar dari alat muat dan alat angkut sudah dioptimalkan dengan menggunakan jumlah unit alat yang sama yaitu menggunakan 1 unit alat muat excavator komatsu PC-300 dan 4 unit alat angkut dump truck Mitsubishi fuso 220 Ps maka di dapatkan nilai match factor 1,62 yang artinya alat muat bekerja 100% dan alat angkut bekerja kurang dari 100 % dan masih ada waktu tunggu bagi alat angkut.

**Kata kunci:** Produktivitas, Waktu edar, Produksi, Faktor Keserasian.

### ABSTRACT (10 PT)

PT. Balantak Sirtu Utama is a sirtu (stone sand) mining company located in Batu Mandi Village, North Balantak District, Banggai Regency, Central Sulawesi. PT. Balantak Sirtu Utama applies the open pit quarry system method with a planned production target of 52,908 m<sup>3</sup>/month. The mechanical device used by PT. Balantak Sirtu Utama is a Komatsu PC-300 excavator for the material loading process and a Fusso 220 PS 4x2 dump truck for material transportation. In the process of moving material from the location of the loading point to the dumping point, good management is needed so that production can be achieved, which of course will greatly affect the planned production. From the data obtained in the field, the cycle time of the Komatsu PC-300 excavator is not optimal because there is a lot of time wasted (delay) when loading activities are in progress, namely an average of 1.19 minutes. For the Fuso 220 PS dump truck cycle time, from the available data, it can also be explained that the cycle time of this conveyance is also not optimal because of the large number of waiting times for one transportation cycle when production activities take place, namely 8.25 minutes. If the loading pattern is changed from a single back-up loading pattern to a double back-up loading pattern, the production of the Komatsu PC-300 excavator loader can be increased to 99,719 m<sup>3</sup>/month, while the 220 PS Mitsubishi Fuso dump truck hauling equipment increases to 58,349 m<sup>3</sup>/month. And if front repairs are carried out with the distribution time of the loading and transport equipment having been optimized using the same number of equipment units, namely, 1 unit of Komatsu PC-300 excavator loading equipment and 4 units of Mitsubishi Fuso 220 PS dump truck conveyance, then the value will be obtained with a match factor

of 1.62, which means that the loading equipment works 100% and the transportation equipment works less than 100% and there is still a waiting time for the transportation equipment.

**Keyword** : Productivity, Cycle Time, Production, Match Factor

## PENDAHULUAN

PT. Balantak Sirtu Utama merupakan salah satu perusahaan tambang andesit yang terletak di Desa Batu Mandi Kecamatan Balantak Utara Kabupaten Banggai Sulawesi Tengah. Luas izin usaha pertambangan 100 ha. Kegiatan penambangan dan pengolahan andesit dilakukan dengan mendirikan "Crushing Plant".

Operasional stone crusher dibantu oleh alat-alat mekanis pendukung yang berfungsi untuk memuat bahan baku dan memindahkan hasil produksi ke stone crusher. Alat bantu mekanis ini terdiri dari excavator dan dump truck dalam mensuplai bahan baku stone crusher, akan sangat menentukan kemampuan produksi stone crusher. PT. Balantak Sirtu Utama menerapkan metode tambang terbuka *quarry system* dengan target produksi yang direncanakan sebesar 52.908 m<sup>3</sup>/bulan.

Batuan andesit merupakan salah satu jenis material industri yang banyak di gunakan oleh sektor industri atau konstruksi antara lain untuk bahan bangunan dan lain-lain. Pertumbuhan penduduk yang sangat pesat menyebabkan semakin meningkatnya kebutuhan akan sarana dan prasana penunjang. Kebutuhan konsumen terhadap pembangunan yang sangat pesat baik pembangunan jalan raya, gedung-gedung, perumahan, pembangunan jalan, lapangan terbang dan untuk keperluan lainnya, yang tentunya dalam hal ini akan terjadi peningkatan akan permintaan bahan-bahan baku penunjang yang salah satu diantaranya adalah material utama batu andesit.

Pada kegiatan penambangan keberadaan akan alat mekanis sangat dibutuhkan guna menunjang keberhasilan penambangan itu sendiri disamping meningkatkan efisiensi dan produksi. Walaupun demikian dalam penggunaan perlu dilakukan perhitungan secara tepat, agar kemampuan alat muat dan alat angkut dapat digunakan secara optimal serta mempunyai tingkat efisiensi yang tinggi.

Tidak optimalnya produksi salah satunya disebabkan oleh sistem kerja alat- alat mekanis yang tidak efisien, misalnya adanya waktu yang hilang percuma

karena kondisi alat-alat angkut yang mesti menunggu (antri), adanya kondisi peralatan yang rusak menunggu perbaikan dan kondisi-kondisi lainnya yang tidak terduga. Masih rendahnya kemampuan produksi alat mekanis saat ini disebabkan berkurangnya waktu kerja efektif, sehingga efisiensi kerja alat menurun yang ditimbulkan oleh adanya waktu hambatan pada saat jam kerja. Sehubungan dengan hal tersebut, maka perlu dilakukan kajian yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan produksi alat muat dan alat angkut, serta usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kemampuan produksi alat mekanis.

Alat mekanis yang digunakan PT. Balantak Sirtu Utama adalah excavator komatsu PC-300 dan untuk proses pemuatan material dan dump truck fusso 220 Ps 4x2 untuk pengangkutan material. Pada proses pemindahan material dari lokasi loading point ke dumping point diperlukan manajemen yang baik agar produksi dapat tercapai yang tentunya akan sangat berpengaruh pada produksi yang di rencanakan. Oleh karena itu, objek penelitian tugas akhir ini lebih ditekankan untuk dapat meningkatkan produksi alat muat dan alat angkut berdasarkan analisa cycle time, produksi dan match factor pada titik pemuatan (loading point) dengan pola pemuatan single back up.

## METODE PENELITIAN

Untuk menyelesaikan permasalahan ini, dengan menggabungkan antara teori dan data-data lapangan, terutama data-data primer yang didapat dari PT. Balantak Sirtu Utama, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Adapun urutan pengerjaan penelitian sebagai berikut :

### Studi Literatur

Dilakukan dengan mencari bahan-bahan pustaka yang menunjang, baik yang bersifat sebagai dasar penelitian maupun yang bersifat sebagai pendukung dan referensi yang berkaitan dengan kebutuhan alat gali muat dan alat angkut untuk pengangkutan yang digunakan pada penambangan andesit. Bahan-bahan pustaka diperoleh dari perpustakaan media cetak, media elektronik, dan karya ilmiah.

### Observasi Lapangan

Maksud dari observasi lapangan adalah melakukan pengamatan secara langsung terhadap masalah yang akan dibahas.



ISSN: 1907-5995

### Kegiatan Lapangan

Kegiatan lapangan ini merupakan suatu kegiatan pengambilan data di lapangan. Adapun data tersebut dibagi menjadi dua jenis, yaitu : data primer dan data sekunder.

#### Data Primer

Merupakan data yang didapat dari pengamatan dan pengambilan langsung di lapangan serta dengan wawancara kepada karyawan perusahaan, antara lain mengenai waktu edar alat gali muat dan angkut, pola pemuatan, kondisi teknis yang mempengaruhi waktu edar, mach factor alat gali muat dan alat angkut, waktu kerja efektif alat gali muat dan alat angkut dan dokumentasi lapangan.

#### Data Sekunder

Merupakan data yang didapat dari manajemen perusahaan, antara lain data curah hujan, waktu kerja perusahaan, jumlah alat gali muat dan alat angkut yang tersedia, terget produksi bulanan, spesifikasi alat, peta geologi, dan peta kontur.

### Pengolahan Dan Analisis Data

Menganalisis dan melakukan pertimbangan dari hasil perhitungan dan pengolahan data untuk dijadikan saran dan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

### Kesimpulan dan Saran

Kumpulan dan hasil perhitungan data yang telah dianalisa dan selanjutnya memberikan rekomendasi bagi perusahaan.

### HASIL DAN ANALISIS

Pada bagian ini, dijelaskan hasil penelitian dan diskusi komprehensif. Hasil dapat disajikan dalam bentuk angka, grafik, tabel dan lainnya yang membuat pembaca mudah memahami [2], [5]. Diskusi dapat dilakukan di beberapa sub-bab.

#### Jam Kerja

Dalam satu bulam jumlah hari kerja dari PT. Balantak Sirtu Utama adalah 26-27 hari dan hanya dilakukan gilir kerja dalam sehari.

**Tabel 1.** Pembagian Waktu Kerja

| <i>Shift I</i>  |             |             |
|-----------------|-------------|-------------|
| Jadwal Kerja    | Keterangan  | Waktu (jam) |
| 08.00 – 12.00   | Waktu kerja | 4 jam       |
| 12.00 – 13.00   | Istirahat   | 1 jam       |
| 13.00 – 17.00   | Waktu kerja | 4 jam       |
| Total jam kerja |             | 8 jam       |

#### Waktu Edar

Waktu edar (*cycle time*) merupakan waktu yang diperlukan oleh alat untuk menghasilkan daur kerja. Semakin kecil waktu edar suatu alat, maka produksinya semakin tinggi. Waktu edar merupakan salah satu unsur yang mempengaruhi kemampuan produksi alat mekanis untuk melakukan rangkaian kegiatan, dimana setiap alat mekanis mempunyai waktu edar yang berbeda-beda.

**Tabel 2.** Cycle Time Rekomendasi Excavator Komatsu PC-300

| No      | Tm <sup>1</sup> | Tm <sup>2</sup> | Tm <sup>3</sup> | Tm <sup>4</sup> | Delay (s) | CTm (s) |
|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|
| Avarage | 5,40            | 3,38            | 3,94            | 3,23            | 15        | 30,95   |

**Tabel 3.** Cycle Time rekomendasi Dump Truck Mitsubishi fuso 220 ps

| No      | Ta1 (m) | Ta2 (m) | Ta3 (m) | Ta4 (m) | Ta5 (m) | Ta6 (m) | Delay | CTa (m) |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|
| Avarage | 1,10    | 1,40    | 1,58    | 0,49    | 0,31    | 1,27    | 1,17  | 7,32    |

#### Faktor Pengisian

Faktor pengisian (*fill factor*) merupakan perbandingan antara kapasitas nyata suatu alat dengan kapasitas mangkuk (*bucket*) alat tersebut yang dinyatakan dalam persen (%).

**Tabel 4.** Faktor Pengisian Aktual Alat Gali Muat

| Alat Gali Muat           | Bucket Fill Factor |
|--------------------------|--------------------|
| Excavator Komatsu PC 300 | 95 %               |

**Factor Pengembangan**

*Swell factor (sf)* atau faktor pengembangan adalah pengembangan suatu material setelah digali dari tempatnya. Pengembangan volume suatu material perlu diketahui karena yang diperhitungkan pada penggalian selalu didasarkan pada *insitu*. Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. Balantak Sirtu Utama, *Swell factor (sf)* adalah 82 %.

**Efisiensi Kerja**

Efisiensi kerja adalah perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu kerjayang tersedia.

**Tabel 5.** Peningkatan Waktu Kerja Efektif Alat Gali Muat

| Hambatan yang dapat ditekan       | Menit / Hari |         |
|-----------------------------------|--------------|---------|
|                                   | Sebelum      | Sesudah |
| Terlambat awal <i>shift</i>       | 0            | 0       |
| Berhenti bekerja lebih awal       | 15,58        | 0       |
| Istirahat terlalu lama            | 10,15        | 10,15   |
| Keperluan operator                | 10,45        | 10,45   |
| Pemeriksaan harian mekanik        | 15,15        | 15,15   |
| Hambatan yang tidak dapat ditekan | Menit / Hari |         |
|                                   | Sebelum      | Sesudah |
| Hujan                             | 20,35        | 20,35   |
| Kerusakan alat                    | 75,52        | 75,52   |
| Perbaikan kerja <i>front</i>      | 15,18        | 15,18   |
| Pengisian bahan bakar             | 20,25        | 20,25   |
| Total                             | 182,68       | 167,05  |

**Tabel 6.** Peningkatan Waktu Kerja Efektif Alat Angkut

| Hambatan yang dapat ditekan       | Menit / Hari |             |
|-----------------------------------|--------------|-------------|
|                                   | Sebelum      | Sesudah     |
| Terlambat awal <i>shift</i>       | 0            | 0           |
| Berhenti bekerja lebih awal       | 10,41        | 0           |
| Istirahat terlalu lama            | 12,15        | 12,15       |
| Keperluan operator                | 10,22        | 10,22       |
| Pemeriksaan harian mekanik        | 16,58        | 16,58       |
| Hambatan yang tidak dapat ditekan | Menit / Hari |             |
|                                   | Sebelu<br>m  | Sesuda<br>h |
| Hujan                             | 25,35        | 20,35       |
| Kerusakan alat                    | 35,25        | 35,25       |
| Perbaikan kerja <i>front</i>      | 15,18        | 15,18       |
| Pengisian bahan bakar             | 25,15        | 25,15       |
| Total                             | 150,29       | 134,91      |

Waktu kerja efektif alat muat :  
 $W_{ke} = 480 \text{ menit/hari} - 167,05 \text{ menit/hari}$   
 $W_{ke} = 312,95 \text{ menit/hari}$   
 Waktu kerja efektif alat angkut :  
 $W_{ke} = 480 \text{ menit/hari} - 134,91 \text{ menit/hari}$   
 $W_{ke} = 345,09 \text{ menit/hari}$



ISSN: 1907-5995

**Produktivitas dan Produksi**

Setelah pengambilan dan perhitungan *cycle time* alat muat *Excavator Komatsu PC 300* maka produktivitasnya adalah sebagai berikut ;

Produksi *actual* alat muat *Excavator Komatsu PC-300*

$$P_m = \left( \frac{60}{CT_m} \right) \times K_b \times F_f \times S_f \times E_f$$

Keterangan :

- $P_m$  = Produksi unit alat gali muat ( $m^3$ /bulan)  
 $CT_m$  = Waktu edar unit alat gali muat (menit)  
 $K_b$  = Kapasitas *bucket* unit alat gali muat ( $m^3$ )  
 $F_f$  = *Fill factor* (%)  
 $S_f$  = *Swell factor* (%)  
 $E_f$  = Efisiensi kerja (%)

Berdasarkan data di lapangan :

Produksi *Excavator Komatsu PC 300* :

- $CT_m$  = 1,19 (menit)  
 $K_b$  = 1,8 ( $m^3$ )  
 $F_f$  = 95 %  
 $S_f$  = 82 %  
 $E_f$  = 61,87 %  
 $P_m$  = 43,741  $m^3$ /bulan

Produksi alat muat *Excavator Komatsu PC-300* setelah perbaikan:

- $CT_m$  = 0,55 (menit)  
 $K_b$  = 1,8 ( $m^3$ )  
 $F_f$  = 95 %  
 $S_f$  = 82 %  
 $E_f$  = 65,19 %  
 $P_m$  = 99,719  $m^3$ /bulan

Produksi *Dump Truck Fuso 220 Ps*

$$P_a = \left( \frac{60}{CT} \right) \times K_b \times E_{ff}$$

Keterangan :

- $P_a$  = Produksi unit alat angkut ( $m^3$ /bulan)  
 $CT_a$  = Waktu edar unit alat angkut (detik)  
 $K_b$  = kapasitas bak alat angkut ( $m^3$ )  
 $E_{ff}$  = Efisiensi kerja (%)

Produksi *Dump Truck Fuso 220 ps*:

- $CT_a$  = 8,28 menit  
 $K_b$  = 9  $m^3$   
 $E_{ff}$  = 69,68 %  
 $P_a$  = 45,443  $m^3$ /bulan

Produksi *Dump Truck Fuso 220*

*Ps* setelah perbaikan

- $CT_a$  = 6,28 menit  
 $K_b$  = 9  $m^3$   
 $E_{ff}$  = 71,89 %  
 $P_a$  = 61,816  $m^3$ /bulan

## 3.3 Match Factor

Faktor keserasian alat muat dengan alat angkut dapat dihitung dengan rumus;

$$MF = \frac{N_a \times CT_m}{N_m \times CT_a}$$

Keterangan :

- $N_a$  = Jumlah alat angkut, (unit)  
 $CT_m$  = Waktu edar alat muat, menit ( $n \times ctm$ )  $N_m$  = Jumlah alat muat, (unit)  
 $N$  = Jumlah curah  
 $CT_a$  = Waktu edar alat angkut, (menit)

Adapun kombinasi kerja antara alat muat dengan alat angkut di pit 1 adalah:

Excavator Komatsu PC 300 dengan empat (4) unit Dump Truck Fuso 220 Ps adalah :

Na = 4 unit

Nm = 1 unit

n = 5

CTm = 1,19 (m)

CTI = CTm x n = 5,95

CTa = 8,25 (m)

MF = 2,88

## KESIMPULAN

Dari pembahasan yang telah dipaparkan pada Bab-bab sebelumnya, maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Produksi alat muat excavator komatsu PC-300 adalah 43,741 m<sup>3</sup>/bulan sedangkan untuk alat angkut dump truck Fuso 220 Ps adalah 45,443 m<sup>3</sup>/bulan. Dan setelah dilakukan kajian serta analisa data untuk produksi alat muat dan alat angkut maka dapat disimpulkan pula bahwa :
  - Produksi alat muat dan alat angkut terbilang tidak optimal karena tinggi nya angka delay (waktu tunggu), pada saat kegiatan pemuatan dan pengangkutan berlangsung yaitu untuk alat muat excavator komatsu PC-300 adalah 55,61 detik dan untuk alat angkut dump truck fuso 220 Ps adalah 2,10 menit.
  - Tingginya angka delay (waktu tunggu) pada saat kegiatan pemuatan dan pengangkutan berlangsung karena pola pemuatan yang diterapkan tidak efektif yaitu menggunakan pola pemuatan single back up, hal ini mengakibatkan tingginya waktu tunggu bagi alat angkut pada saat manuver untuk memasuki lokasi pemuatan. Ditambah lagi dengan kondisi loading point yang sempit yang mengakibatkan alat angkut harus mengantri, dan tidak leluasa bermanuver untuk mengambil posisi untuk diisi muatan.
  - Perhitungan match factor dengan 1 alat muat excavator komatsu PC-300 dan 4 unit dump truck Mitsubishi fuso 220 ps dengan jarak 250 meter adalah 2,88.
2. Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat diberikan rekomendasi optimalisasi sebagai berikut :
  - Jika pola pemuatan diubah dari pola pemuatan single back up menjadi pola pemuatan double back up maka produksi alat muat excavator komatsu PC-300 dapat ditingkatkan menjadi 99,719 m<sup>3</sup>/bulan, sedangkan alat angkut dump truck mitsubishi fuso 220 ps meningkat menjadi 61,816 m<sup>3</sup>/bulan.
  - Dan jika dilakukan perbaikan front dengan waktu edar dari alat muat dan alat angkut sudah dioptimalkan dengan menggunakan jumlah unit alat yang sama yaitu menggunakan 1 unit alat muat excavator komatsu PC-300 dan 4 unit alat angkut dump truck Mitsubishi fuso 220 Ps maka di dapatkan nilai match factor 1,62 yang artinya alat muat bekerja 100% dan alat angkut bekerja kurang dari 100 % dan masih ada waktu tunggu bagi alat angkut

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ananda, N.N., and Aneparta, Y.M., 2019, Evaluasi Effesiensi Alat Gali-Muat Terhadap Produktivitas Setelah Delay Shift Change Pada Pembongkaran Overburden Bulan Februari 2019 Di Pit Ab Rts (Roto South) Tambang Batubara PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite PT. Kideco Jaya Agung, Jurnal Bina Tambang, ISSN, Padang, Vol. 4, No. 4.
- [2] Hall, R., & Wilson, M. E. J. (2000). Neogene sutures in eastern Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 18(6), 781-808.
- [3] Hustrulid. W.A. 1995. *Open Pit Mine Planning and Design*. Rotterdam, Netherlands: A. A. Balkema.
- [4] Indonesianto, Y., 2005, "Pemindahan Tanah Mekanis", Jurusan Teknik
- [5] Pertambangan – FTM, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- [6] Indonesianto, Y., 2015, *Perencanaan Tambang Terbuka*, Jurusan Teknik

ISSN: 1907-5995

- [7] Pertambangan Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta.
- [8] Katili, J.A., 1978. Past and present geotectonic position of Sulawesi, Indonesia. *Tectonophysics*, 45:289-322.
- [9] Kastowo dan Suwarna, N. 1996. Peta Geologi Lembar Majenang, Jawa. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- [10] Martodjojo, S. dan Pulunggono, A., 1994. Perubahan Tektonik Paleogen – Neogen Merupakan Peristiwa Terpenting di Jawa. *Proceedings Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa*.
- [11] Prodjosumarto, P. 1993. Pemindahan Tanah Mekanis. Jurusan Teknik
- [12] Pertambangan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [13] Prodjosumarto, P., 1995, “Pemindahan Tanah Mekanis”, Departemen Tambang,
- [14] ITB, Bandung.
- [15] Smith, R. B., & Silver, E. A. (1991). Geology of a Miocene collision complex, Buton, eastern Indonesia. *Geological Society of America Bulletin*, 103(5), 660-678.
- [16] Simandjuntak, T.O., 1993. Neogene plate convergence in Eastern Sulawesi. *Jour. Geol. Min. Res.*, 25:2-9.
- [17] Silver, E.A, McCaffrey, R. and Smith, R.B, 1983. Collision, Rotation and the initiation of subduction in the evolution of Sulawesi, Indonesia. *Journal of Geophysical Research*, VI. 88, No.B11: 9407-9418.
- [18] Sukirman, S., 1999, “Dasar-dasar Perencanaan Geometri Jalan”, Cetakan III, Nova,
- [19] Bandung.
- [20] Van Bemmelen, 1949, *The Geology Of Indonesia*, Government Printing Office, The Hague
- [21] Van Zuidam, et, al 1983. *Guide to Geomorphologic Aerial Photographic*
- [22] *Interpretation and Mapping*.
- [23] William, H., Turner, F. J., and Gilbert, C. M., 1982, *Petrography: An introduction to the Study of Rocks in Thin Section*, 2 ed., W, H. Freeman and Co., New York