# METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN TEROWONGAN BENDUNGAN WAY APU MENGGUNAKAN NATM (*NEW AUSTRIAN TUNNELING METHOD)*

**Acun[1)], Obednego Nara[2)], Steanly. R.R.Pattiselanno[3)]**

[1,2,3)]Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ambon
[1)]acunno34@gmail.com

**ABSTRACT**

*The advancement and development of science and technology in various fields have a positive impact on the development of construction technology. NATM is a tunnel manufacturing system using Shocrete and rockbolt as temporary support for the tunnel before being given a layer of concrete. The purpose of this study is to determine the proper and efficient implementation of the construction of the Way Apu Dam Dodge Tunnel using NATM and find out the types of work on the Way Apu Dam Dodge Tunnel using NATM. The object of this study is the way Apu Dam circumvention tunnel. The primary and secondary data are used. The results of this study we can find out the types of work carried out using the NATM method, namely: field survey work, and open land excavation work, which has several stages, namely mobilization and demobilization, Clearning and Grubing work, Inlet and Outlet open land excavation work. After the next open ground excavation work, tunnel excavation work. Tunnel excavation uses two methods of excavation, namely blasting and mechanical methods. The blasting method has stages: preparatory work, drilling work, and blasting filling work. While the mechanical method has many jobs, namely preparatory work, marking work, temporary portal work, tunnel excavation work which also has a job title, namely, marking tunnel excavation, stages of survey implementation, excavation work, Mucking work, Scaling work, Ventilating work, Steel Rib work, Wiremesh work, Shotcrete work, Rockbolt work, LSPF work, dewatering work. And Concrete Lining work.*

**ABSTRAK**

Maju dan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi diberbagai bidang membawa dampak positif pada perkembangan teknologi pelaksaan Pembangunan konstruksi. *NATM* adalah suatu sistem pembuatan tunnel dengan menggunakan *Shocrete* dan *rockbolt* sebagai penyangga sementara tunnel sebelum diberi lapisan *Concrete.* Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pelaksanaan yang tepat dan efisien pada Pembangunan terowongan pengelak bendungan way apu menggunakan *NATM* dan mengetahui jenis-jenis pekerjaan pada terowongan pengelak bendungan way apu menggunakan *NATM.* Objek dalam penelitian ini adalah terowongan pengelak bendungan way apu. Data yang digunakan merupakan data primer dan data sekunder. Hasil dari penelitian ini kita dapat mengetahui jenis pekerjaan yang dilakukan menggunakan metode *NATM* yaitu: pekerjaan survey lapangan, pekerjaan galian tanah terbuka, yang didalamnya mempunyai beberapa tahap yaitu mobilisasi dan demobilisasi, pekerjaan *Clearning* dan *Grubing,* pekerjaan galian tanah terbuka *Inlet* dan *Outlet.* Setelah pekerjaan galian tanah terbuka berikutnya pekerjaan galian terowongan. Galian terowongan mengguakan dua metode galian yaitu metode *blasting* dan mekanik. Metode blasting memiliki tahapan yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan pemboran, pekerjaan pengisian *blastig.* Sedangkan metode mekanik memiliki banyak pekerjaan yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan *marking,* pekerjaan *Temporary portal,* pekerjaan galian terowongan yang didalmnya juga memiliki tahpan pekerjaan yaitu, *marking* galian terowongan, tahapan pelaksanaan survey, pekerjaan *excavation,* pekerjaan *Mucking,* pekerjaan *Scaling,* pekerjaan *Ventilating,* pekerjaan *Steel Rib,* pekerjaan *Wiremesh,* pekerjaan *Shocrete*, pekerjaan *Rockbolt,* pekerjaan LSPF, pekerjaan dewatering. Dan pekerjaan *Lining Concrete.*

***Kata kunci*: *NATM, Metode Pelaksanaan, Terowongan Pengelak, Bendungan***

## 1. PENDAHULUAN

Maju dan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi diberbagai bidang membawa dampak positif pada perkembangan teknologi pelaksanaan pembangunan konstruksi. Begitu banyak metode yang berkembang di dunia konstruksi, yang mengharuskan kita untuk melaksanakan studi guna memperdalam dan memahami metode tersebut. Salah satu metode pelaksanaan konstruksi yang perlu di dalami adalah *New Austrian Tunneling Method* atau yang biasa disingkat *NATM*.

*NATM* adalah suatu system pembuatan tunnel dengan menggunakan *shotcrete* dan *rock bolt* sebagai penyangga sementara tunnel sebelum diberi lapisan *concrete* (*lining concrete).* ebelum ditemukannya *NATM*, pembangunan terowongan biasanya menggunakan kayu dan rangka baja sebagai konstruksi penyangga sementara. Kelemahan dari konstruksi kayu adalah tidak tahan terhadap lembab, sehingga akan sangat mudah mengalami keruntuhan, meskipun baja memiliki sifat fisik yang lebih baik, efisiensi kerja busur baja sangat bergantung pada kualitas pengganjalan antara baja dan batuan. Telah diketahui bahwa merenggangnya batuan pada waktu penggalian sering kali membuat penurunan pada bagian atas terowongan (*Lv. Rabcewicz*).

Sistem pengerjaan menggunakan *NATM* yang berkembang di Indonesia salah satunya pada proses pembangunan Terowongan Pengelak yang sedang berlangsung pada proyek pembangunan Bendungan Way Apu. Proyek pembangunan Bendungan Way Apu memiliki banyak item pekerjaan, salah satunya adalah pekerjaan terowongan pengelak yang akan mengelakkan aliran sungai dari hulu bendungan ke hilir bendungan selama masa konstruksi.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Terowongan

Terowongan secara umum adalah sebuah tembusan di bawah permukaan tanah atau gunung. Terowongan umumnya tertutup di seluruh sisi kecuali di kedua ujungnya yang terbuka pada lingkaran luar

1. Terowongan Pengelak (*Diversion Tunnel*)
   Terwongan pengelak adalah jenis terowongan bawah tanah yang di gunakan untuk mengalihkan air atau cairan lain dari satu area ke area lainnya.
2. Macam – macam Bentuk Terowongan
   Terdapat empat macam bentuk terowongan yang sering di gunakan dalam infrastruktur di berbagai dunia, (Alamysah, 2019) yaitu:
   a. Terowongan lingkaran
      Terowongan bentuk ini cocok saluran atau terowongan air
   b. Terowongan kapal kuda
      Terowongan bentuk ini cocok di bangun pada lapisan tanah berjenis tanah lunak lebih cocok untuk terowongan kereta api
   c. Terowongan berbentuk huruf “D”
      Terowongan bentuk ini cocok untuk kereta bawah tanah (*sub-ways*) dan terowongan navigasi

### 2.2 Klasifikasi Terowongan

Terowongan dapat di kalsifikasikan berdasarkan kegunaan,material dan lokasinya.

1. Berdasarkan kegunaan terowonga
   Di tinjau berdasarkan kegunaan terowongan, Made Astawa Rai (1988) membagi menjadi 2 bagian, yaitu :
   a. Terowongan lalu lintas
      - Terowongan kereta api
      - Terowongan jalan raya
      - terowongan pejalan kaki
      - terowongan navigasi
      - terowongan transportasi bawah tanah
   b. Terowongan angkutan
      - terowongan stasiun pembangkit Listrik
      - terowongan penyediaan air
      - terowongan saluran air kotor
      - terowongan kepentingan umum
2. Berdasrkan lokasinya
   - terowongan pegunungan
   - terowongan bawa air
   - terowongan bawah tanah perkotaan
3. Berdasarkan material
   - terowongan batuan
   - terowongan melalui tanah lunak
   - terowongan gali timbun

### 2.3 Metode Konstruksi terowongan

1. Metode NATM
   *NATM* merupakan metode teknologi terowongan dengan melapisi lapisan batuan atau tanah hasil galian segera setelah penggalian persegmen selesai (Yang, 2002).

### 2.4 Jenis-jenis Pekerjaan Terowongan

**1.** Stel Rib
Merupakan salah satu jenis penyanggakonstruksi terowongan yang terbuat dari baja

**2.** Rock Bolt
Menurut Singh,2006, *Rockbolt* adalah bahan batang yang terbuat dari baja, berpenampang bulat yang gunakan untuk menyangga massa batuan.

**3.** Shocrete
Menurut Kolymbas, 2005, *shocrete* merupakan beton yng di semprotkan untuk menanbah kekuatan suatu permukaan.

### 2.5 Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

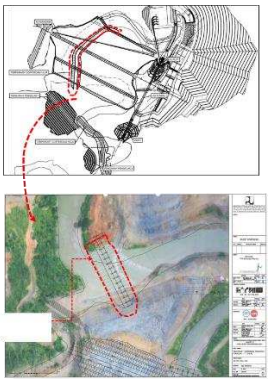
Beberapa standar APD ( Aalt Perlindungan Diri ) yang dapat di gunakan yaitu:

- Pelindung Kepala ; Topi Pengaman / *Safety Helmet*
- Pelindung Kaki ; Sepatu Kerja Aman
- Pelindung Tangan ; Sarung Tangan

- Pelindung Mata ; Kacamata Biasa dan Khusus
- Pelindung Pernapasan ; Masker
- Pelindung di Tempat Ketinggian ; Sabuk Pengaman atau Tali pengaman
- Pelindung di Tempat kedalaman Air ; Baju Pelampung

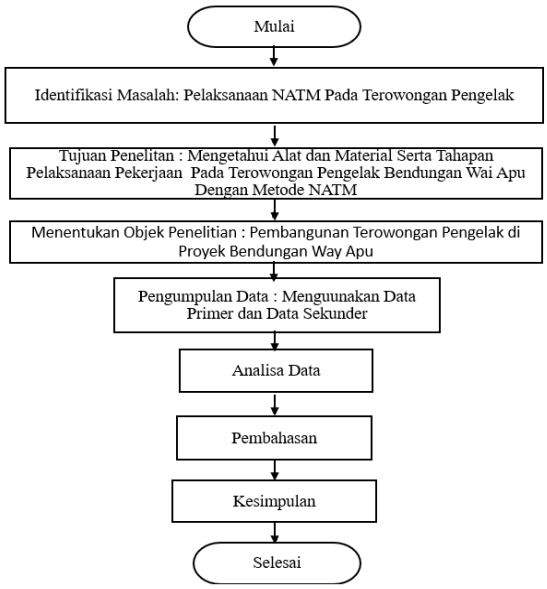
## 3. METODOLOGI

### 3.1 Lokasi atau objek penelitian



**Gambar 1. Pembangunan Bendungan Way Apu, Kecamatan Waeapo Kabupaten Buru Maluku**

### 3.2 Bagan Alir




**Gambar 2. Diagram Alir Penelitian (Sumber : Penulis, 2023)**

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Merencanakan metode pelaksanaan pekerjaan terowongan pengelak. Rencana pekerjaan terowongan pengelak:

### 4.1 Metode *NATM* (*New Austrian Tunneling Method*)

*New Austrian Tunneling Method* (*NATM*) adalah metode populer modern terowongan desain dan konstruksi. Teknik ini pertama kali mendapatkan perhatian di tahun 1960an berdasarkan karya Ladislaus Von Rebcewicz, Leopold Muller, dan Frans Pacher. Antara tahun 1957 dan 1965 di Austria

### 4.2 Pekerjaan Survey Lapangan

Dalam pekerjaan ini memerlukan beberapa tahapan serta beberapa alat yang diperlukan pekerjaan ini dilakukan pada saat awal pembuatan pekerjaan terowongan, Tahapan pekerjaan, penentuan titik BM, menggunakan alat GPS.

### 4.3 Hasil Pengujian Geologi batuan

| No. Lubang Bor Kedalaman (m-m) | Batuan | NWC (%) | Specific Gravity | Dry density (gr/cm3) | Wet density (gr/cm3) | Sat. density (gr/cm3) | Absorption (%) | Kuat tekan (kg/cm2) | Axia Ea (kg/cm2) | Dia Ed (kg/cm2) | Posision Ratio n | C (kg/cm2) | Q (Derajat) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| WD- 13 (12.00-22,70) | Sekis lapukringan | 2,35 | 2,557 | 2,485 | 2,544 | 3,416 | 2,73 | 93,10 | 6,69E+03 | 1,80E+04 | 0,372 | 5,613 | 42 |
| WD- 14 (54,00-54,70) | Sekis | 7,34 | 2,448 | 2,118 | 2,273 | 2,936 | 3,73 | 213,81 | 1,65E+04 | 1,45E+04 | 0,397 | 12,52 | 44 |
| WD- 15 (68,00-68,70) | Sekis | 8,28 | 2,448 | 2,094 | 2,267 | 2,876 | 5,94 | 210,76 | 1,87E+04 | 4,60E+04 | 0,407 | 10,145 | 45 |
| WD- 16 (22,00-22,70) | Sekis | 5,50 | 2,468 | 2,222 | 2,344 | 3,077 | 3,36 | 230,91 | 2,09E+04 | 4,99E+04 | 0,419 | 12,11 | 47 |

### 4.4 pekerjaan galian tanah terbuka

Dalam pekerjaan ini tahapan pekerjaan yang dilakukan adalah

a. Mobilisasi dan demobilisasi
b. Pekerjaan *Clearning* dan *Grubing*
c. Pekerjaan galian tanah terbuka *Inlet Outlet*

### 4.5 pekerjaan galian terowongan

Dalam tahapan pekerjaan ini dilakukan dengan dua metode galian yaitu metode *Blasting* dan metode mekanik.

Metode blasting, adalah metode pekerjaan yang menggunakan peledakan, sedangkan metode mekanik adalah metode yang di dalamnya banyak sekali pekerjaan

Metode *Blasting* hanya berfokus pada pembongkaran batuan terowongan saja, berbeda dengan mekanik, mekanik menggunakan banyak pekerjaan dari pekerjaan persiapan sampai dengan pekerjaan *Linning Concrete.*

1. Metode *Blasting*

a. pekerjaan persiapan

Dalam pekerjaan ini yaitu perizinan dalam tahapan ini memiliki tiga tahapan perizinan yaitu perizinan Gudang bahan peledak, dengan jangka waktu 1 tahun, setelah itu dilakukan pembuatan perizinan baru. Yang kedua perizinan P-3 surat ini dibuat pada polres setempat. Dan yang ketiga perizinan P-2 surat izin ini hanya bertahan selam enam bulan setelah jangka waktu selesai kemudian dibuat surat baru.

b. pekerjaan pemboran / *Driling*

pekerjaan ini menggunkan alat *Crawler Rock Dril* (CRD),

c. pengisian bahan *Blasting*

yang terbagi oleh berapa tahap yaitu, alat yang digunakan, pengamanan local, proses pengisian yang dibagi juga dalam dua fase tergantung dengan kondisi batuan pada terowongan yaitu lubang kering dan basah, berikutnya material steming, hal hal yang perlu dilakukan sebelum melakukan blasting, dan yang terakhir adalah peledakan.

2. Metode Mekanis

Dalam tahapan ini sangat banya pekerjaan yang dilakukan yaitu dari tahapan pekerjaan persiapan atau *Face Maping* sampai dengan pekerjaan *Linning Concrete*.

Berikut rencana perkerjaan galian terowongan menggunakan Metode Mekanik.

a. Pekerjaan persiapan
   Yang terdiri dari dua bagian pekerjaan yaitu pekerjaan pengamatan geologo local dan pengamatan muka terowongan.
b. Pekerjaan *Marking*
   Pekerjaan ini dilakukan oleh para tim surveyor untuk menemtukan titik pada muka terowongan.
c. Pekerjaan *Temporary portal.*
   Pekerjaan ini berfungsi sebagai pelindung utama muka galian awal terowongan agar terhindar dari potensi tertutupnya muka galian saat terjadi kelonsoran.
d. Pekerjaan galian terowongan
   Pekerjaan galian terowongan ini mencakup sangat banyak item pekerjaan yaitu
   1. *Marking* galian terowongan
   2. Tahapan pelaksanaan survey
   3. Pekerjaan *Excavation*
      Tahapan pekerjaan ini dilakukan dengan dua opsi galian yaitu galian *Upper* dan *Lower.*
   4. Pekerjaan *Mucking*
   5. Pekerjaan *Scaling*
   6. Pekerjaan *Ventilating*
   7. Pekerjaan penyangga *Steel Rib*
      Dalam pekerjaan ini juga memiliki tahapan pekerjaan yaitu pekerjaan persiapan, pemasangan *Steel Suport,* dan pemasangan *Tie Road*
   8. Pekerjaan *Wiremesh*
      Pekerjaan ini juga memiliki tahapan yaitu pekerjaan persiapan, pemasangan *Rock Pin* dan terakhir pemasangan *Wiremesh*
   9. Pekerjaan *Shocrete*
      Tahapan pekerjaan yaitu pekerjaan persiapan, pembuatan material *Shocrete* menggunakan metode *Drymix,* dan penyemprotan beton *Shocrete*
   10. Pekerjaan *Rockbolt*
      Tahapan pekerjaan yaitu, pekerjaan persiapan, pekerjaan *Driling,* pekerjaan *Grouting*, dan pekerjan *Pull-Out Test*
   11. Pekerjaan *Feropoling* (*LSPF*)
      Tahapan pekerjaan yaitu, pekerjaan persiapan yaitu survey alat dan pemboran pipa *LSPF,* pekerjaan *Driling*
   12. Pekerjaan *Dewatering*

e. Pekerjaan *Lining Concrete*
   Pekerjaan ini merupakan tahapan terakhir dari pekerjaan terowongan pengelak pada proyek bendungan way apu, pekerjaan ini juga ada beberapa tahapnnya yaitu pekerjaan lantai kerja *Inver,* pekerjaan pembesian, pekerjaan pengecoran *Invert*, pekerjaan pembesian *Lining*, pekerjaan bekesting *Tunnel*, pekerjaan Pengecoran *Lining*, dan yang terakhir *Back Fill Grouting*.

## 5. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

1. pada pekerjaan tahap awal adalah menentukan titik BM pada terowongan, ini berfungsi untuk mengetahui titik koordiant terowongan; tahapan berikutnya adalah pekerjaan *Clearning* dan *Grubing* pekerjaan pembersihan lahan area terowongan; pekerjaan galian terowongan menggunakan metode *Blasting* dan mekanis. Metode *blasting* merupakan metode yang menggunkaan peledak, sedangkan metode mekanis merupakan metode yang pekerjaannya dibantu menggunakan alat alat mekanik; pekerjaan *Driling* dan *Scaling,* pekerjaan *Driling* adalah pekerjaan galian terowongan yang di ikuti dengan pekerjaan *Scaling*, pekerjaan *Scaling* sendiri merupakan pekerjaan yang berfungsi untuk mengangkut material hasil dari pekerjaan *Driling*; pekerjaan *Mucking* adalah pekerjaan yangbertujuan untuk membuang matrial hasil galian terowongan; pekerjaan *Steel Support ,Wiremesh, Shocrete* dan *Rockbolt* merupakan pekerjaan yang bertujuan untuk menahan atau memperkuat dinding terowongan agar tidak terjadinya keruntuhan pada terowoingan; pekerjaan *Forepoling, Grouting,* adalah forepoling adalah pekerjaan yang dimana bertujuan untuk memperkuat atap terowongan, sedangkan grouting bertujuan untuk mengisi ronggga -rongga terowongan dengan carian atau semen; tahapan terakhir adalah pekerjaan *Linning Concrete* pekerjaan ini merupakan tahapan akhir dari pekerjaan Pembangunan terowongan pengelak. Pekerjaan ini bertujuan untuk pengecoran lining area terowongan dengan mutu beton yang telah disepakati untuk digunakan.

2. Dalam pembangunan Bendungan Way Apu salah satu pekerjaan yang dilakukan adalah pekerjaan

pembuatan terowongan pengelak (*Tunnel*) terdapat tahapan pekerjaan. Yaitu:

a. pekerjaan galian tanah terbuka, yang didalamnya terdapat tahapan, Mobilisasi dan Demobilisasi, pekerjaan *Clearning* dan *Grubing,* pekerjaan galian tanah terbuka *Inlet* dan *Outlet.*
b. Pekerjaan galian terowongan yang dibagi menjadi dua metode galian yaitu

1) Metode *Blasting*
   a. Pekerjaan persiapan
   b. Pekerjaan pemboran */ Driling*
   c. Pengisian bahan peledak
   d. Material steming
   e. Hal hal yang perlu diperhatikan sebelum melakukan *Blasting*
   f. *Blasting* / peledakan

2) Metode mekanis
   a. Pekerjaan persiapan / *Face Maping*
      - Pengamatan geologi local
      - Pengamatan muka terowongan
   b. Pekerjaan marking
   c. Pekerjaan *Temporari Portal*
      - Pekerjaan galian dan pondasi
      - Pekerjaan pemasangan *Stell Support* dan *Cover Plat*
   d. Pekerjaan galian terowongan
      - *Marking* galian terowongan
      - Tahap pelaksanaan survey
      - Pekerjaan *Excavation*
      - Pekerjaan *Mucking*
      - Pekerjaan *Scaling*
      - Pekerjaan *Ventilating*
      - Pekerjaan penyangga *stell Rib*
        1. Pekerjaan persiapan
        2. Pekerjaan pemasangan *Stell Suport*
        3. Pekerjaan *Tie Road / Superator*
      - Pekerjaan pemasangan *Wiremesh*
        1. Pekerjaan persiapan
        2. Pekerjaan pemasangan *Rock Pin*
        3. Pekerjaan pemasangan *Wiremes*
      - Pekerjaan *Shocrete*
        1. Pekerjaan persiapan
        2. Pembuatan material beton menggunakan *Dry Mix*
        3. Penyemprotan beton *Shocrete*
      - Pekerjaan *Rockbolt*
      1. Pekerjaan persiapan
      2. Pekerjaan *Driling*
      3. Pekerjaan *Grouting Semen*
      4. *Pull-Out Test*

      - Pekerjaan *Feropoling*
        1. Pekerjaan persiapan
        2. *Driling Feropoling*
      - Pekerjaan *Dewatering*

   c. Pekerjaan *Linning Concrete*
      Pekerjaan ini merupakan tahapan terakhir dari pekejaan pelaksanaan terowongan. Berikut tahapan pelaksanaannya:
      1. Pekerjaan lantai kerja *invert*
      2. Pekerjaan pembesian
      3. Pengecoram *Invert*
      4. Pembesian *Lining*
      5. Bekesting *Tunnel*
      6. Pengecoran *Lining*
      7. *Back Fill Grouting*

### 5.2. Saran

Dalam Pembangunan suatu terowongan, sebaiknya melakukan pemeriksaan terhadap kondisi tanah atau batuan yang akan di langsungkan Pembangunan terowongan tersebut, ini bertujuan untuk dapat menentukan metode apa yang nanti akan di pakai pada saat Pembangunan terowongan.

## DAFTAR PUSTAKA


Asiyanto, 2012. ***Metode Konstruksi Terowongan.*** Univesity Indonesia Press, Jakarta.

Dipohusodo, Istimawan. 1996. ***Manajemen Proyek dan Konstruksi***-Jilid 1. Yogyakarta. Kanisius.

Https://id.scribd.com/presentation/366509452/Presentasi-Metode-NATM-Dan-Metode-Klasik

Kementrian Pekerjaan Umum, 2012. ***Struktur Terowongan dan Manajemen konstruksinya.*** Kementrian Pekerjaan Umum, Tasikmalaya.

Lock, Dennis. 1994***. Manajemen Proyek*** (Penerjemah. Ir. E. Jasfi, M.Sc.). Jakarta. :Erlangga.

Pambudi, L. R., & Ichsandi, M. (2017). *Metode Pelaksanaan Pembangunan Terowongan Pengelak (Tunnel) Pada Proyek Waduk Bendung Ponorogo* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).

Tanne, Y. A. (2022). Operasi Tunneling Dengan Metode Natm Pada Pembangunan Terowongan Walini Kereta Api Cepat Jakarta-Bandung. *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, *3*(1), 36-43.

Yogaswara, D. (2019). Analisis Terowongan Jalan Raya Dengan Proteksi Umbrella Grouting Menggunakan Metode Elemen Hingga 2D Kasus Studi Tol Cisumdawu. *Jurnal Sains dan Teknologi ISTP*, *11*(2), 137-147.