

BAB III

LANDASAN TEORI

Landasan teori merupakan penjelasan, teori-teori dasar yang dapat menunjang dalam pengerjaan kerja praktik ini.

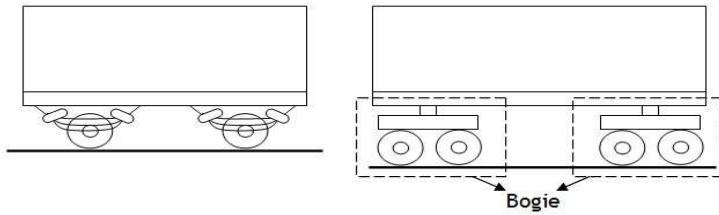
3.1 Kereta Penumpang Bangladesh

Kereta Penumpang Bangladesh merupakan kereta penumpang produk PT.

INKA yang dipesan oleh Bangladesh. Kereta ini memiliki dua tipe yakni *Meter Gauge* (MG) dan *Broad Gauge* (BG). Perbedaan kedua tipe tersebut terletak pada lebar track (jarak 2 rel) yang akan digunakan. Untuk kereta MG digunakan pada track dengan lebar 1.000 mm sedangkan kereta BG digunakan pada track dengan lebar 1.676 mm.

3.2 Bogie

Bogie adalah suatu konstruksi yang terdiri dari dua perangkat roda atau lebih yang digabungkan oleh rangka yang dilengkapi dengan sistem pemegasan, pengereman, dengan atau tanpa peralatan penggerak dan anti selip, serta keseluruhan berfungsi sebagai pendukung rangka dasar dari badan kereta. *Bogie* dapat dilepas dan dipasangkan kembali jika sedang dilakukan perawatan. *Bogie* pada umumnya dipakai untuk roda yang jumlahnya lebih dari 2 gandar (As) dalam satu kereta. Gambar 3.1 merupakan gambaran kereta yang menggunakan *bogie* dan tidak menggunakan *bogie*.



Gambar 3.1 Kereta tanpa *Bogie* dan dengan *Bogie*

(Sumber : <http://hudalogawa.blogspot.co.id>)

Bogie memiliki fungsi utama untuk menghasilkan fleksibilitas kereta terhadap rel sehingga roda dapat mengikuti arah rel saat melewati tikungan (“curve”).

Saat kereta melewati rel yang membelok atau menikung, maka akan terjadi sudut antara garis lurus badan kereta dengan rel. Pada keadaan ini, akan terjadi kontak antara *flens* dengan rel pada salah satu sisi rodanya. Pada kereta tanpa *bogie* maka sudut ini terbatas karena roda akan selalu segaris dengan badan kereta sehingga saat *flens* sudah tidak bisa menahan rel, maka roda akan naik ke atas rel dan akhirnya terjadi *derailment* atau anjlok. Dengan adanya *bogie*, maka roda tidak segaris dengan badan kereta melainkan mempunyai sudut tertentu yang memungkinkan roda bisa membelok mengikuti rel tanpa terjadi anjlok atau roda yang naik ke atas rel.

Selain fleksibilitas, *bogie* juga dapat meredam efek yang diakibatkan oleh rel yang bergelombang naik turun. Titik tengah *bogie* yang disebut “*Center Pivot*” akan membagi defleksi yang terjadi diantara 2 rodanya. Hal ini akan menyebabkan kereta lebih stabil walau rel tidak rata / bergelombang naik turun.

Pada kereta penumpang, *bogie* diciptakan selain untuk keamanan, juga untuk meningkatkan kenyamanan. Itulah mengapa pada *bogie* untuk kereta penumpang terdiri dari 2 pegas yang dapat meredam getaran dan goncangan roda sehingga

menjadi seakan tak terasa di dalam ruang penumpang. Inovasi – inovasi terus dilakukan dalam perancangan *bogie-bogie* tipe terbaru, diantaranya dengan menggunakan pegas karet maupun pegas udara. *Bogie* kereta penumpang tidak dilengkapi peralatan penggerak.

Bogie Kereta Penumpang terdiri dari beberapa bagian utama antara lain : *Bogie Frame*, *Bolster*, Perangkat Roda (*Wheel Set*), Pegas Primer, Pegas Sekunder, *Axle Box*, *Bearing*, Sepatu Rem, Peralatan penggeraman serta peralatan pendukung.

Gambar 3.2 menerangkan tentang bagian-bagian utama dari *bogie* kereta penumpang.



Gambar 3.2 Bogie kereta penumpang dengan Bolster
(Sumber : <http://hudalogawa.blogspot.co.id>)

Bogie frame pada *bogie* kereta penumpang pada umumnya terbuat dari konstruksi baja yang di las. Bagian demi bagian dari *frame* akan disatukan dengan cara pengelasan sehingga akan terbentuk *frame bogie*.

Pada kereta penumpang, *bogie* mempunyai 2 sistem pemegasan. Pegas primer merupakan pegas yang menghubungkan antara roda dengan *bogie frame*, sedangkan pegas sekunder menghubungkan antara *bogie frame* dengan badan kereta. Pegas primer dan sekunder dapat bermacam tipenya. Di Indonesia, pegas primer menggunakan pegas ulir biasa atau bisa juga menggunakan pegas karet yang biasa disebut sebagai *conical rubber bounded*. Sedangkan untuk pegas sekunder menggunakan pegas ulir atau menggunakan pegas udara yang ditampung dalam wadah karet berbentuk bundar seperti ban mobil.



1. Menstabilkan hasil proses

Maksudnya adalah setiap benda yang dihasilkan dari setiap proses memiliki akurasi yang sama. Hal ini sangat penting terlebih untuk pekerjaan *mass production* yang membutuhkan kecepatan sehingga seringkali masalah kualitas tersisihkan. Namun dengan bantuan *Fixture*, akan tercapai produktivitas yang tinggi dan kualitas produk masih tetap bisa terjaga. Tentu

saja dengan mempertimbangkan segala aspek, misal : umur pakai, variasi komponen, kondisi *fixture* dan sebagainya.

2. Memenuhi dimensi yang diminta

Terkadang tuntutan desain sedikit susah untuk direalisasikan menjadi sebuah produk yang baik khususnya dalam hal pengelasan. Untuk itu *Fixture* masih memegang peran penting dalam menghasilkan produk yang presisi. Dengan adanya *fixture*, posisi komponen akan selalu ditempat yang sama pada setiap proses. Satu poin yang tidak boleh dianggap sepele adalah faktor deformasi *welding*. Dengan bantuan *fixture* hal tersebut dapat diminimalkan sehingga mendapatkan kualitas yang maksimal. Misalnya dengan *clamping* *toggle clamp*, *positioning* berupa alur (slot), *clamping ulir*, *clamping hydraulic* dan sebagainya yang pada dasarnya menahan deformasi yang terjadi.

3. Mempermudah dan mempercepat pemasangan komponen

Dengan banyaknya *single part* dalam 1 komponen *assy*, maka penyusunan *single part* sesuai dengan posisinya menjadi hal yang tidak lagi sederhana. Diperlukan *positioning* untuk masing-masing part. Bayangkan jika terdapat begitu banyak part yang disusun tanpa *clamping* dan *positioning*, mungkin akan menjadi satu hal yang lebih sulit daripada proses pengelasan itu sendiri. Dengan demikian pasti proses loading part menghabiskan *resource* yang cukup besar baik dari tenaga maupun waktu. Sehingga kebutuhan *fixture* untuk kasus seperti ini menjadi mutlak apalagi untuk proses *mass production*.

Secara umum, *jig* dan *welding fixture* digolongkan dalam tiga klasifikasi, yaitu:

1. *Tacking Jigs*

Merupakan sebuah kelingan pengarah yang menepatkan komponen atau part untuk proses pengelasan yang berfungsi untuk menepatkan hubungan dengan suaian yang tepat, dimana operator melakukan proses pengelingan untuk menggabungkan part-part terlebih dahulu baru akhirnya melakukan proses pengelasan. Biasanya, pada benda kerja sebelumnya dilakukan proses pengelingan terlebih dahulu kemudian dilepas dari kelingan pengarah dan dipindahkan ke *fixture* yang terpisah untuk melakukan proses selanjutnya, yaitu proses pengelasan.

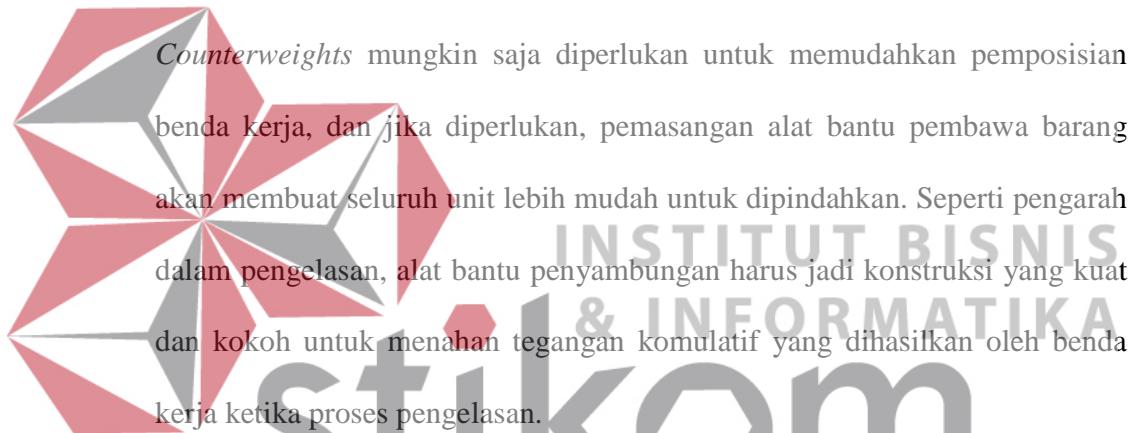
2. *Welding Fixtures*

Merupakan sebuah alat bantu pengelasan untuk menepatkan posisi dan penyambungan pada benda kerja untuk proses pengelasan. *Welding fixtures* mengendalikan dalam menyederhanakan atau menghilangkan dan memindahkan dari benda kerja dan dari alat-alat yang berhubungan, tapi ini membutuhkan konstruksi untuk menahan tekanan panas dan tegangan. Hal ini sering tidak praktis atau hal yang tidak mungkin untuk memuaskan penggambaran alat bantu pengelasan untuk yang sulit dipahami, assembly yang komplek, berat, pengelasan yang besar; dengan demikian dalam penerapan yang umum, part pada awalnya ditempelkan bersama dalam sebuah *tacking jig* (kelingan pengarah) dan kemudian benda kerja dipindahkan ke *holding fixtures* (alat bantu penyambungan), biasanya

digunakan dalam hubungan dengan pemposisian pengelasan, untuk penyelesaian pekerjaan.

3. *Holding Fixtures*

Merupakan sebuah alat khusus yang dirancang untuk penyambungan dari benda kerja yang sebelumnya telah dilakukan dengan proses pengasemblian dengan paku keeling pada tempat yang diposisikan. *Fixture* sendiri sering disesuaikan untuk memposisikan dengan menambahkan tempat yang ekonomis dengan papan penunjuk dan penerapan dari rancangan yang cocok.



3.4 *Clamping System* (Sistem Pencekaman)

Pada bagian ini akan dilakukan pembahasan tentang macam-macam *clamping* yang dapat digunakan dalam *welding fixture* beserta kegunaannya baik *clamping* otomatis maupun *clamping* manual.

3.4.1 *Toggle*

Toggle dapat diterapkan untuk sistem konvensional maupun otomatis. Cara kerja *toggle* agar dapat melakukan *clamping* adalah dengan menyetel bagian *clamp-nya* (jika standart biasanya berupa baut dan 2 mur sebagai pengunci) sesuai dengan kebutuhan. Setelah itu operator tinggal

menggerakkan tuas/handle *toggle* sampai maksimal (sangat cepat dan mudah).

Toggle sendiri juga memiliki banyak macam dan ukuran tergantung dari bagaimana desain *fixture* yang akan dibuat. Beberapa alasan mengapa *toggle* dipandang sebagai *clamping* paling ideal untuk proses *welding* sebagai berikut:

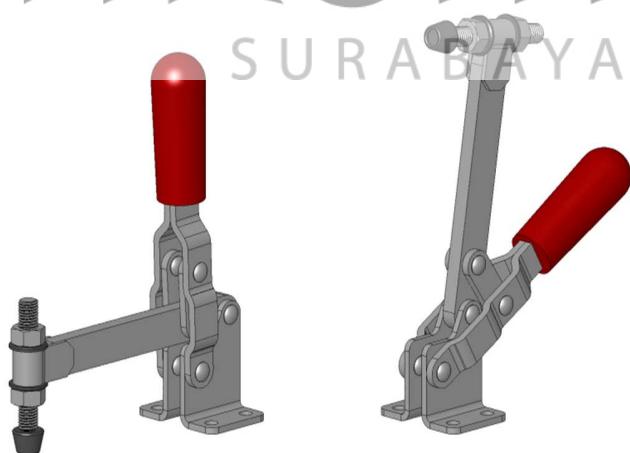
1. Penggunaan mudah dan cepat

2. Kuat

3. Memiliki berbagai macam model jenis dan ukuran sehingga dapat diaplikasikan dalam berbagai desain *fixture*.

Namun demikian *toggle* tidak disarankan untuk dipakai pada proses *machining*, karena *toggle* tidak dapat menahan vibrasi proses *machining*, sedangkan pada proses *welding*, vibrasi bisa dikatakan hampir tidak ada.

Gambar 3.3 merupakan contoh dari *toggle*.



Gambar 3.3 Bentuk dari *Toggle*
(Sumber : <http://weldingfixturemaker.co.id>)

3.4.2 Screw Clamp

Screw Clamp atau bisa juga didefinisikan dengan *clamping* yang menggunakan ulir, merupakan alternatif jika sudah tidak dapat lagi menggunakan *toggle clamp*. Karena *clamping* model ini sangat memakan banyak waktu dalam operasionalnya dan rawan macet (karena faktor lingkungan *welding* yang rawan terkena *spater*). Beberapa kekurangan sistem ulir dibandingkan *toggle*:

1. Lama : proses memutar ulir sampai kencang bisa berkali lipat lamanya proses mengerakkan tuas *toggle*
2. Kekuatan : kekuatan pencekaman berbeda-beda setiap kali melakukan *clamping*

Bentuk dari *clamping* ulir ini beragam, bisa hanya menggunakan part standart bolt (*im bush screw*), *Step block* & *step clamp* dan lain-lain.

Gambar 3.4 merupakan contoh dari *screw clamp*.



Gambar 3.4 Bentuk dari *screw clamp*
(Sumber : <http://weldingfixturemaker.co.id>)

3.4.3 *Fitting Guide Set*

Bentuknya seperti tikus kecil, beberapa ada juga yang menyebutnya “*tikus-tikusan*”. Fungsinya adalah sebagai pendorong part ke arah tertentu dengan spring agar part selalu rapat pada referensi yang dikehendaki. Sedangkan tujuannya adalah untuk mengantisipasi apabila operator lupa untuk memposisikan part sesuai dengan ketentuan (*human error*). Misalnya: part harus rapat *stopper*, tegak lurus, rapat dengan bidang “A” dan sebagainya, yang tidak bisa diwakili hanya dengan *clamping* utama saja contoh *toggle*. Gambar 3.5 merupakan contoh dari *fitting guide set*.



Gambar 3.5 Bentuk dari *Fitting Guide set*
(Sumber : <http://weldingfixturemaker.co.id>)

3.4.4 *Magnet*

Salah satu model *clamp* yang juga praktis adalah magnet. Selain praktis model ini juga murah dan mudah baik dalam pembuatan fixturenya maupun dalam penggunaanya.

Operator tinggal meletakan part sesuai dengan *locator* yang sudah ada pada *fixture*. Tidak perlu melakukan proses apapun lagi, karena part telah

menempel pada *fixture*. Hanya saja kelemahan sistem *clamp* ini, terletak pada kekuatan yang hanya mengandalkan medan magnet, sehingga tidak ada kekuatan mekanik yang membantu.

Dengan kelemahan tersebut magnet biasanya hanya sebagai *support clamping* agar pemasangan komponen menjadi lebih mudah. Contoh : untuk pemasangan material pada posisi miring/vertikal operator harus memegangi komponen baru melakukan *clamping* dengan toggle, maka magnet bisa digunakan untuk membantu operator sehingga tidak perlu memegangi komponen lagi saat melakukan *clamp* dengan toggle maupun ulir.

3.4.5 *Vacuum*

Vacuum mungkin sedikit terdengar asing terutama jika dikaitkan dengan masalah *clamping system*. Pasalnya *vacuum* hanya mengandalkan tekanan udara minus, sehingga material terhisap dan terpegang.

Vacuum biasanya dipakai untuk part-part yang lebar dan memiliki permukaan yang lebar dan halus (*sheet metal*), misalnya body mobil, rangka (*frame*) mobil dan sebagainya. Untuk operasionalnya, pemasangan part-part mobil biasanya sudah memakai *automatic loader* yaitu alat untuk memasang part secara otomatis.

Tidak semua part bisa menggunakan *clamping* jenis ini karena kontak dengan part adalah berupa karet yang memerlukan permukaan yang halus supaya tidak ada celah yang menyebabkan bocor dan berakibat gagal *clamping*.

3.5 Hidrolik

Hidrolik adalah ilmu pergerakan fluida, tidak terbatas hanya pada *fluida* air. Sistem hidrolik banyak memiliki keuntungan sebagai sumber kekuatan untuk banyak variasi pengoperasian.

3.5.1 Keuntungan Sistem Hidrolik

1. Ringan
2. Mudah dalam pemasangan
3. Sedikit perawatan. Sistem hidrolik hampir 100 % efisien, bukan berarti mengabaikan terjadinya gesekan *fluida*.

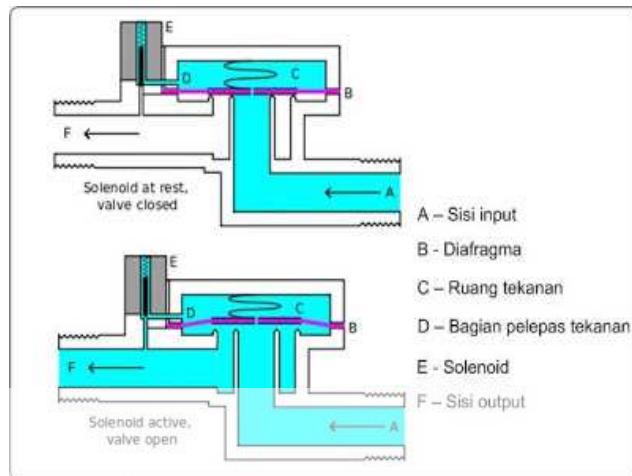
3.5.2 Komponen Sistem Hidrolik

1. Motor Hidrolik berfungsi untuk mengubah energi tekanan cair hidrolik menjadi energi mekanik.
2. Pompa Hidrolik umumnya digunakan untuk memindahkan sejumlah volume cairan yang digunakan agar suatu cairan tersebut memiliki bentuk energi.
3. Katup *valve* pada sistem dibedakan atas fungsi, desain dan cara kerja katup.

3.6 Solenoid Valve

Solenoid valve merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan/*solenoid*. *Solenoid valve* ini merupakan elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam sistem *fluida*. Seperti pada sistem pneumatik, sistem hidrolik ataupun pada sistem kontrol mesin yang membutuhkan

elemen kontrol otomatis. Gambar 3.6 memberikan penjelasan dari prinsip kerja *solenoid valve* :



Gambar 3.6 Carakerja *solenoid valve*

(Sumber : <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.co.id>)

Solenoid valve akan bekerja bila kumparan/coil mendapatkan tegangan arus listrik yang sesuai dengan tegangan kerja (kebanyakan tegangan kerja *solenoid valve* adalah 100/200VAC dan kebanyakan tegangan kerja pada tegangan DC adalah 12/24VDC). Dan sebuah pin akan tertarik karena gaya magnet yang dihasilkan dari kumparan *solenoid* tersebut. Pada saat pin tersebut ditarik naik maka *fluida* akan mengalir dari ruang C menuju ke bagian D dengan cepat. Sehingga tekanan di ruang C turun dan tekanan *fluida* yang masuk mengangkat *diafragma*. Sehingga katup utama terbuka dan *fluida* mengalir langsung dari A ke F. Gambar 3.7 merupakan contoh dari *solenoid valve*.

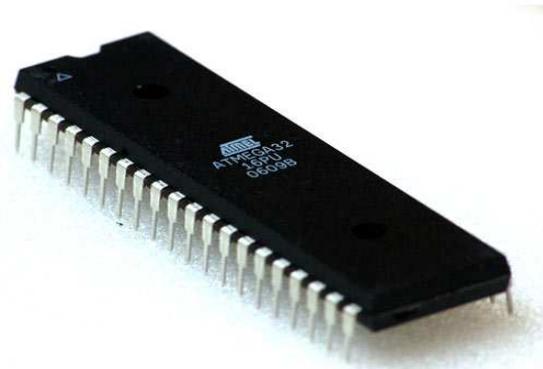


Gambar 3.7 Solenoid valve
(Sumber : <http://www.seekvalve.com>)

3.7 Mikrokontroler ATmega32

Mikrokontroler merupakan sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrolan rangkaian elektronika dan umumnya dapat menyimpan program didalamnya. Terdiri dari CPU (*central Processing Unit*), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti *Analog to Digital converter* (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya

Mikrokontroler AVR ATmega32 merupakan CMOS dengan konsumsi daya rendah, mempunyai 8 bit proses data (CPU) berdasarkan arsitektur AVR RISC. Dengan mengeksekusi intruksi dalam suatu (siklus) clock tunggal, ATmega32 memiliki kecepatan data rata-rata (throughputs) mendekati 1 MIPS per MHz, yang memungkinkan perancang sistem dapat mengoptimalkan konsumsi daya dan kecepatan pemrosesan. Gambar 3.12 merupakan contoh dari ATmega32.



Gambar 3.12 ATmega32
(Sumber : <http://nagpur.all.biz>)

3.7.1 Kelebihan yang Dimiliki ATmega32

1. Kinerja Tinggi, *Low-Power AVR 8-bit Microcontroller*

Seperti yang disebutkan Atmel dalam websitenya "The low-power Atmel 8-bit AVR RISC-based microcontroller" perangkat ATmega32 mampu memiliki throughput hingga 16 MIPS pada 16 MHz dan beroperasi pada tegangan antara 2.7 – 5.5 V.

2. Menggunakan Arsitektur RISC

Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur *Reduced Instruction Set Computing* (RISC) atau "set instruksi Komputasi yang disederhanakan"

3. Daya Tahan Tinggi dan Segmen Memori *Non-Volatile*

Mikrokontroler AVR memiliki daya tahan data (retensi data) 20 tahun ketika suhu mencapai 85°C atau 100 tahun ketika suhu mencapai 25°C.

4. Memiliki Antarmuka JTAG (*IEEE std. 1149.1 Compliant*)

Tidak hanya SPI, ATmega32 memiliki antarmuka JTAG yang memungkinkan pengguna dapat memprogram *Flash*, *EEPROM*, *Fuse*, dan *Lock Bits*.

5. Memiliki Fitur Perangkat

Mikrokontroler AVR memiliki fitur tambahan yang sangat membantu kita untuk melakukan penelitian yang lebih baik, seperti terdapat ADC, PWM dan Timer.

6. Memiliki Fitur Tambahan

Mikrokontroler ini memiliki fitur menarik yang patut dicoba seperti 5 mode *Sleep*, eksternal dan internal interupsi, dan kalibrasi RC *Oscillator* internal.

7. Memiliki 32 jalur Program I/O

ATmega32 mempunyai 32 jalur Program sehingga memungkinkan kita untuk mengontrol lebih banyak *device*/ perangkat, seperti Tombol/ *switch*, LED, *buzzer* dan LCD.

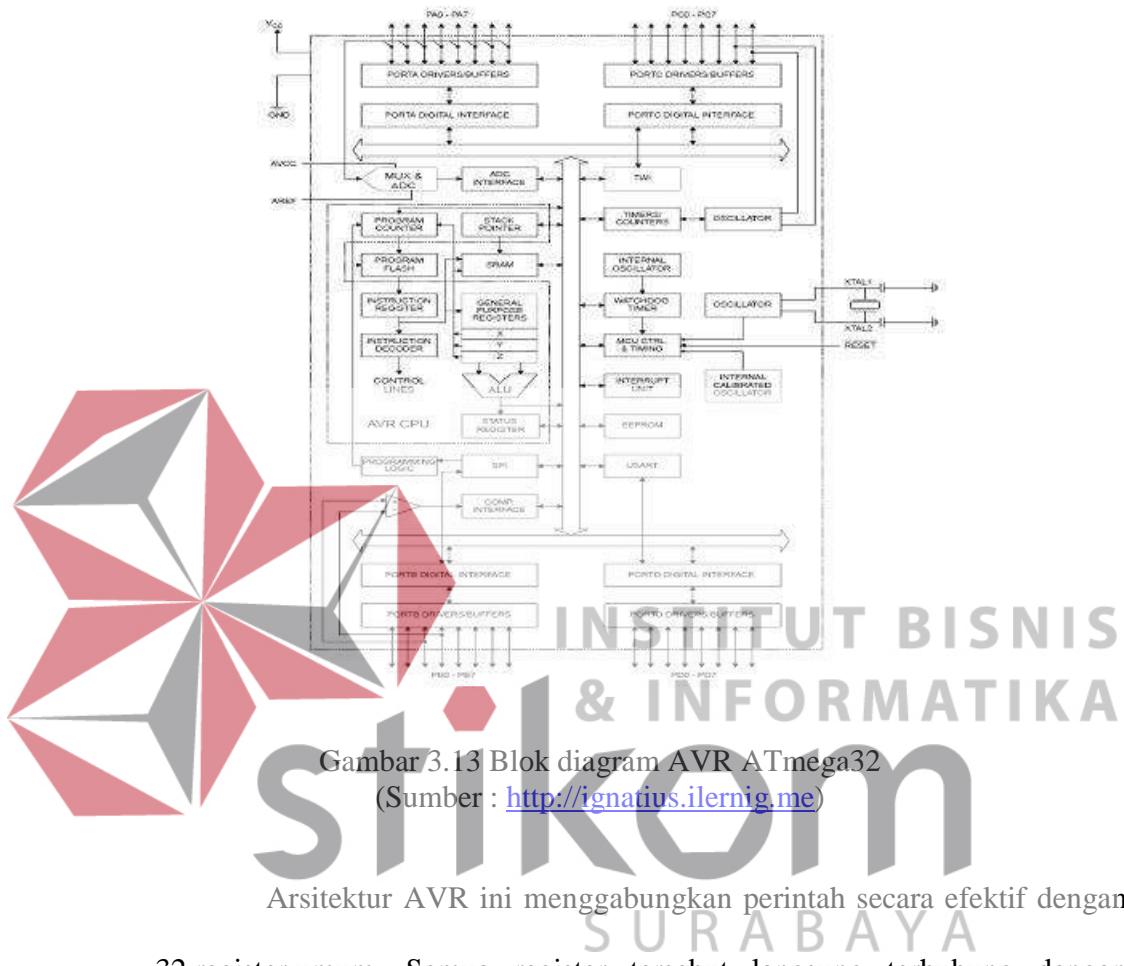
8. Memiliki operasi tegangan dari 2,7 Volt sampai 5,5 volt

ATmega32 memiliki operasi tegangan dari 2,7 Volt sampai 5,5 Volt. Ini sangat membantu kita untuk menghemat listrik. Kecepatan maksimal bisa mencapai 16 MHz (tanpa *overclock*).

9. Daya yang dibutuhkan ketika aktif hanya 1,1 mA

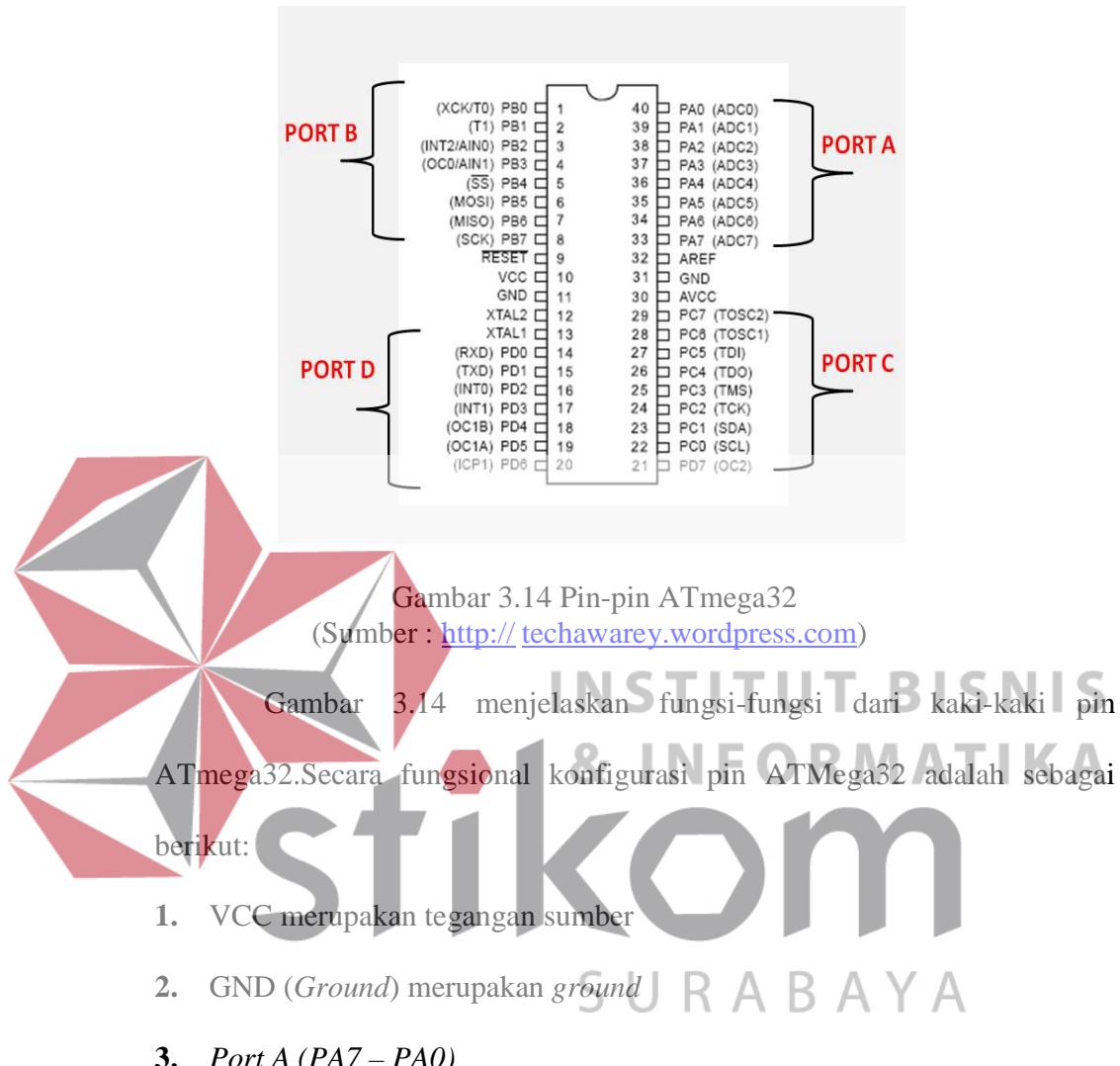
ATmega32 membutuhkan arus yang sangat kecil dibanding komponen analog yang biasa kita pakai. Hal ini dibuktikan dengan konsumsi daya yang dibutuhkan ketika aktif saja hanya 1,1 mA, bahkan bisa mencapai 1 uA

ketika mode *power-down*. Gambar 3.13 menggambarkan blok diagram AVR ATmega32.



Arsitektur AVR ini menggabungkan perintah secara efektif dengan 32 register umum. Semua register tersebut langsung terhubung dengan *Arithmetic Logic Unit (ALU)* yang memungkinkan 2 register terpisah diproses dengan satu perintah tunggal dalam satu *clock cycle*. Hal ini menghasilkan kode yang efektif dan kecepatan prosesnya 10 kali lebih cepat dari pada mikrokontroler CISC biasa.

3.7.2 Konfigurasi pin Mikrokontroler AVR ATmega32

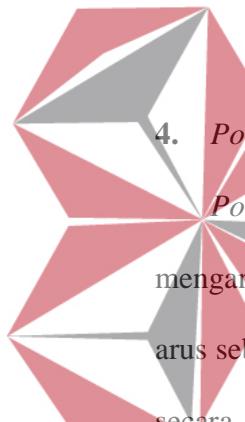


Port A adalah 8-bit port I/O yang bersifat *bi-directional* dan setiap pin memiliki internal *pull-up* resistor. Output *buffer port A* dapat mengalirkan arus sebesar 20 mA. Ketika port A digunakan sebagai input dan di *pull-up* secara langsung, maka *port A* akan mengeluarkan arus jika internal *pull-up* resistor diaktifkan. Pin-pin dari port A memiliki fungsi khusus yaitu dapat berfungsi sebagai *channel ADC* (*Analog to Digital Converter*) sebesar 10 bit.

Fungsi-fungsi khusus pin-pin *port A* dapat ditabelkan seperti yang tertera pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Fungsi khusus *port A*

<i>Port</i>	<i>Alternate Function</i>
<i>PA7</i>	<i>ADC7 (ADC input channel 7)</i>
<i>PA6</i>	<i>ADC6 (ADC input channel 6)</i>
<i>PA5</i>	<i>ADC5 (ADC input channel 5)</i>
<i>PA4</i>	<i>ADC4 (ADC input channel 4)</i>
<i>PA3</i>	<i>ADC3 (ADC input channel 3)</i>
<i>PA2</i>	<i>ADC2 (ADC input channel 2)</i>
<i>PA1</i>	<i>ADC1 (ADC input channel 1)</i>
<i>PA0</i>	<i>ADC0 (ADC input channel 0)</i>



4. *Port B (PB7 – PB0)*
Port B adalah 8-bit port I/O yang bersifat *bi-directional* dan setiap pin mengandung internal *pull-up* resistor. *Output buffer* port *B* dapat mengalirkan arus sebesar 20 mA. Ketika *port B* digunakan sebagai input dan di *pull-down* secara external, *port B* akan mengalirkan arus jika internal *pull-up* resistor diaktifkan.

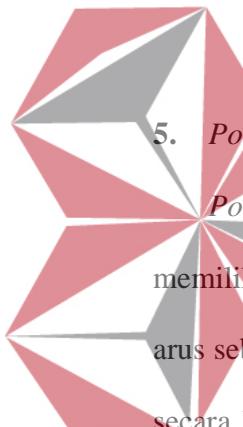
Pin-pin *port B* memiliki fungsi-fungsi khusus, diantaranya :

1. *SCK port B*, bit 7 merupakan Input pin clock untuk *up/downloading memory*.
2. *MISO port B*, bit 6 merupakan data untuk *uploading memory*
3. *MOSI port B*, bit 5 merupakan pin input data untuk *downloading memory*.

Fungsi-fungsi khusus pin-pin *port B* dapat ditabelkan seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Fungsi khusus port B

Port	Alternate Function
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)
PB6	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)
PB6	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input)
PB5	SS (SPI Slave Select Input)
PB3	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) OC0 (Timer/Counter0 Output Compare Match Output)
PB2	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)
PB1	T1 (Timer/Counter1 External Counter Input)
PB0	T0 (Timer/Counter External Counter Input) XCK (USART External Clock Input/Output)



5. Port C (PC7 – PC0)

Port C adalah 8-bit port I/O yang berfungsi *bi-directional* dan setiap pin memiliki internal pull-up resistor. *Output buffer port C* dapat mengalirkan arus sebesar 20 mA. Ketika port C digunakan sebagai input dan di *pull-down* secara langsung, maka port C akan mengeluarkan arus jika internal *pull-up* resistor diaktifkan. Fungsi-fungsi khusus pin-pin port C dapat ditabelkan seperti yang tertera pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Fungsi khusus port C

Port	Alternate Function
PC7	TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2)
PC6	TOSC1 (Timer Oscillator Pin 1)
PC6	TD1 (JTAG Test Data In)
PC5	TD0 (JTAG Test Data Out)
PC3	TMS (JTAG Test Mode Select)
PC2	TCK (JTAG Test Clock)
PC1	SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)
PC0	SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)

6. Port D (PD7 – PD0)

Port D adalah 8-bit port I/O yang berfungsi *bi-directional* dan setiap pin memiliki internal *pull-up* resistor. *Output buffer port D* dapat mengalirkan arus sebesar 20 mA. Ketika port D digunakan sebagai input dan di pull-down secara langsung, maka port D akan mengeluarkan arus jika internal pull-up resistor diaktifkan. Fungsi-fungsi khusus pin-pin port D dapat ditabelkan seperti yang tertera pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Fungsi khusus port D

Port	Alternate Function
PD7	OC2 (Timer / Counter2 Output Compare Match Output)
PD6	ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture Pin)
PD6	OCIB (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)
PD5	TD0 (JTAG Test Data Out)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input)
PD1	TXD (USART Output Pin)
PD0	RXD (USART Input Pin)

3.8 Push Button Switch (Saklar Tombol Tekan)

Push button switch (saklar tombol tekan) adalah perangkat/saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan *unlock* (tidak mengunci). Sistem kerja *unlock* disini berarti saklar akan bekerja sebagai *device* penghubung atau pemutus aliran arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol tidak ditekan (dilepas), maka saklar akan kembali pada kondisi normal. Gambar 3.15 merupakan contoh dari *push button switch*.



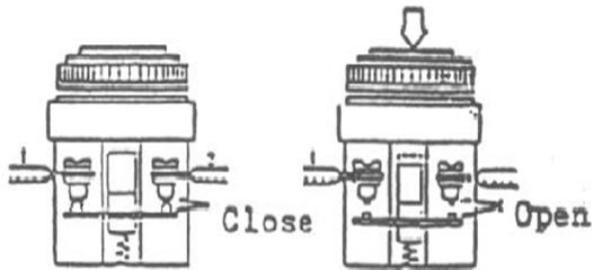
Gambar 3.15 *Push button switch*

(Sumber : <http://www.skycraftsurplus.com>)

Sebagai *device* penghubung atau pemutus, *push button switch* hanya memiliki

2 kondisi, yaitu *On* dan *Off* (1 dan 0). Istilah *On* dan *Off* ini menjadi sangat penting karena semua perangkat listrik yang memerlukan sumber energi listrik pasti membutuhkan kondisi *On* dan *Off*.

Karena sistem kerjanya yang *unlock* dan langsung berhubungan dengan operator, *push button switch* menjadi *device* paling utama yang biasa digunakan untuk memulai dan mengakhiri kerja mesin di industri. Secanggih apapun sebuah mesin bisa dipastikan sistem kerjanya tidak terlepas dari keberadaan sebuah saklar seperti *push button switch* atau perangkat lain yang sejenis yang bekerja mengatur pengkondisian *On* dan *Off*. Gambar 3.15 merupakan perinsip kerja dari tombol tekan *push button switch*.



Gambar 3.16 Prinsip kerja *push button switch*
(Sumber : <http://soulful89.wordpress.com>)

Berdasarkan fungsi kerjanya yang menghubungkan dan memutuskan, *push button switch* terbagi atas beberapa tipe, yakni :

1. NO (*Normally Open*), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya terbuka (aliran arus listrik tidak mengalir). Dan ketika tombol saklar ditekan, kontak yang NO ini akan menjadi menutup (*Close*) dan mengalirkan atau menghubungkan arus listrik. Kontak NO digunakan sebagai penghubung atau menyalakan *circuit system* (*Push Button ON*).
2. NC (*Normally Close*), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya tertutup (mengalirkan arus listrik). Dan ketika tombol saklar *push button* ditekan, kontak NC ini akan menjadi membuka (*Open*), sehingga memutus aliran arus listrik. Kontak NC digunakan sebagai pemutus atau mematikan *circuit system* (*Push Button Off*).
3. NO dan NC, tipe ini memiliki empat buah terminal dimana sepasang terminalnya merupakan NO dan sepasang lagi merupakan NC. Dan ketika tombol push button ditekan maka kontak akan NC dan yang lainnya akan NO.