

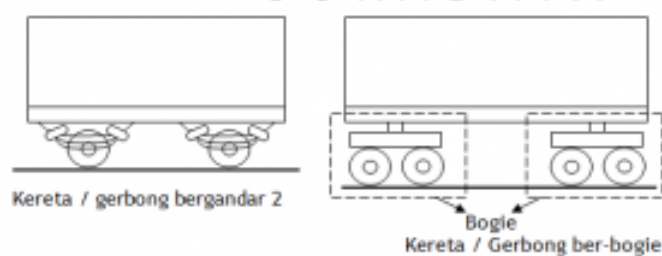
BAB III

LANDASAN TEORI

Landasan merupakan dasar – dasar yang digunakan dalam pembuatan kerja praktik ini. Sebagai langkah awal dalam menyusun laporan kerja praktik perlu dipahami terlebih dahulu mengenai konsep dasar pengembangan *temporary bogie* yang memanfaatkan teknologi *smart control*.

3.1 BOGIE

Bogie adalah suatu konstruksi alat sarana per-kereta apian 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 Kereta gandar 2 dan kereta ber-*bogie*

Gambar 3.1 merupakan perbedaan antara kereta ber-*bogie* dan bergandar 2 dimana kereta ber-*bogie* mempunyai sepasang roda di setiap bogie. *Bogie* memiliki fungsi utama untuk menghasilkan fleksibilitas kereta terhadap rel sehingga roda dapat mengikuti arah rel saat melewati tikungan (“*curve*”). Saat kereta melewati rel

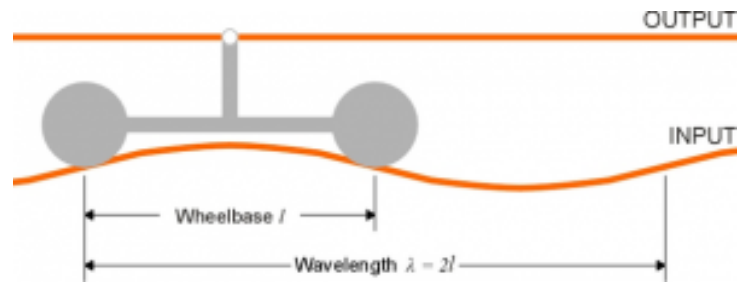
yang membelok atau menikung, maka akan terjadi sudut antara garis lurus badan kereta dengan rel. Pada keadaan ini, akan terjadi kontak antara *flens* dengan rel pada salah satu sisi rodanya. Pada kereta tanpa *bogie* maka sudut ini terbatas karena roda akan selalu segaris dengan badan kereta sehingga 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.



Gambar 3.2 Bogie *Steering* , atas : tanpa *bogie*, bawah : dengan *bogie*
(sumber <http://the-contact-patch.com/book/rail/r1114-railway-suspension>)

Gambar 3.2 merupakan gambar bogie dan tanpa bogie atau bergandar 2 yang bergerak *steering* di rel ber-belok. Dari gambar tersebut diketahui bahwa kereta ber-bogie lebih bergerak baik mengikuti rel dari pada bergandar 2 yang bisa keluar jalur 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.



Gambar 3.3 Peredaman ketidak rataan rel oleh *bogie*

(sumber <http://the-contact-patch.com/book/rail/r1114-railway-suspension>)

Gambar 3.3 Merupakan Peredaman ketidak rataan rel oleh *bogie* yang masuk dalam perhitungan jarak antar roda dan jarak ketidak rataan 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* di ciptakan selain untuk keamanan, juga untuk meningkatkan kenyamanan. Itulah mengapa pada *bogie* untuk kereta penumpang terdiri dari 2 pegas yang dapat meredam getaran dan guncangan 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.

3.2 TEMPORARY BOGIE

Temporary Bogie merupakan bentuk dari sebuah bogie biasa, hanya saja *temporary bogie* dibuat untuk sementara saja dalam artian berguna untuk menopang atau membawa bahan material seperti plat besi, roda kereta, *frame* kereta dll. Pada dasarnya *temporary bogie* hanya berbentuk *frame body* sederhana dengan penopang, axle box dan 2 pasang roda. Di PT. INKA sendiri temporary bogie digunakan untuk memindahkan badan gerbong antar workshop.



Gambar 3.4 Temporary bogie

Gambar 3.4 Merupakan contoh *Temporary bogie* yang dipakai untuk mengangkat bahan atau material yang berat.

3.3 SMART CONTROL

3.3.1 Arduino



Gambar 3.5 Board Arduino UNO

Gambar 3.5 Salah satu jenis *microcontroller* yaitu Arduino. Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *Wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware*nya memiliki prosesor *Atmel AVR* dan *software*nya memiliki bahasa pemrograman sendiri.

Arduino juga merupakan *platform* hardware terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan *hardware* dan *software* yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema hardware arduino dan membangunnya.

Arduino menggunakan keluarga mikrokontroler ATMega yang dirilis oleh Atmel sebagai basis, namun ada individu/perusahaan yang membuat *clone* arduino dengan menggunakan mikrokontroler lain dan tetap kompatibel dengan arduino pada *level hardware*. Untuk fleksibilitas, program dimasukkan melalui *bootloader* meskipun ada opsi untuk mem-bypass *bootloader* dan menggunakan downloader untuk memprogram microcontroller secara langsung melalui port ISP.

Arduino Uno

Jenis yang ini adalah yang paling banyak digunakan. Terutama untuk pemula sangat disarankan untuk menggunakan Arduino Uno. Dan banyak sekali referensi yang membahas Arduino Uno. Versi yang terakhir adalah Arduino Uno R3 (Revisi 3), menggunakan ATMEGA328 sebagai Microcontrollernya, memiliki

14 pin I/O digital dan 6 pin input analog. Untuk pemrograman cukup menggunakan koneksi USB type A to To type B. Sama seperti yang digunakan pada USB printer.

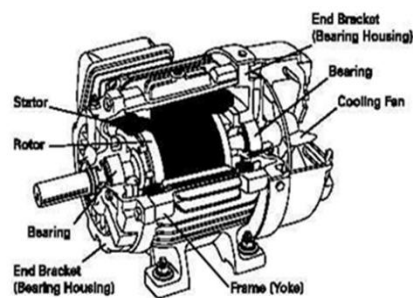
3.3.2 Remote Wireless



Gambar 3.6 Remote Controller Wireless

Gambar 3.6 merupakan Controller atau Remot Kontrol yang dipakai user untuk mengendalikan pergerakan *Smart Temporary Bogie*. Controller ini menggunakan Analog stick Wireless SONY yang sudah satu paket dengan Receivernya. Dengan menghubungkan Receiver ke Arduino maka Controller Wireles ini bisa digunakan.

3.3.3 Motor 3 Phase



Gambar 3.7 Motor induksi 3 fasa

Gambar 3.7 adalah Motor induksi tiga fasa yang merupakan motor elektrik yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Salah satu kelemahan

motor induksi yaitu memiliki beberapa karakteristik parameter yang tidak linier, terutama resistansi rotor yang memiliki nilai yang bervariasi untuk kondisi operasi yang berbeda, sehingga tidak dapat mempertahankan kecepatannya secara konstan bila terjadi perubahan beban. Oleh karena itu untuk mendapatkan kecepatan yang konstan dan peformansi sistem yang lebih baik terhadap perubahan beban dibutuhkan suatu pengontrol Motor induksi 3 fasa adalah alat penggerak yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Hal ini dikarenakan motor induksi mempunyai konstruksi yang sederhana, kokoh, harganya relatif murah, serta perawatannya yang mudah, sehingga motor induksi mulai menggeser penggunaan motor DC pada industri. Motor induksi memiliki beberapa parameter yang bersifat non-linier, terutama resistansi rotor, yang memiliki nilai bervariasi untuk kondisi operasi yang berbeda. Hal ini yang menyebabkan pengaturan pada motor induksi lebih rumit dibandingkan dengan motor DC. Salah satu kelemahan dari motor induksi adalah tidak mampu mempertahankan kecepatannya dengan konstan bila terjadi perubahan beban. Apabila terjadi perubahan beban maka kecepatan motor induksi akan menurun. Untuk mendapatkan kecepatan konstan serta memperbaiki kinerja motor induksi terhadap perubahan beban, maka dibutuhkan suatu pengontrol. Penggunaan motor induksi tiga fasa di beberapa industri membutuhkan performansi yang tinggi dari motor induksi untuk dapat mempertahankan kecepatannya walaupun terjadi perubahan beban.

Motor induksi merupakan motor arus bolak balik (ac) yang paling luas penggunaannya. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relative antara putaran rotor dengan medan putar

(rotating magnetic field) yang dihasilkan oleh arus stator. Belitan stator yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron ($n_s = 120f/2p$). Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus; dan sesuai dengan Hukum Lenz, rotor pun akan ikut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relative antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor, yang oleh karenanya akan memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi, bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun. Dikenal dua tipe motor induksi yaitu motor induksi dengan rotor belitan dan rotor sangkar.

3.3.4 Inverter



Gambar 3.8 Inverter Toshiba

Gambar 3.8 Inverter / variable frequency drive / variable speed drive merupakan sebuah alat pengatur kecepatan motor dengan mengubah nilai frekuensi dan tegangan yang masuk ke motor. pengaturan nilai frekuensi dan tegangan ini dimaksudkan untuk mendapatkan kecepatan putaran dan torsi motor yang diinginkan atau sesuai dengan kebutuhan. Secara sederhana prinsip dasar inverter untuk dapat mengubah frekuensi menjadi lebih kecil atau lebih besar yaitu dengan

mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC kemudian dijadikan tegangan AC lagi dengan frekuensi yang berbeda atau dapat diatur.

Untuk mengubah tegangan AC menjadi DC dibutuhkan penyearah (converter AC-DC) dan biasanya menggunakan penyearah tidak terkendali (rectifier dioda) namun juga ada yang menggunakan penyearah terkendali (thyristor rectifier). Setelah tegangan sudah diubah menjadi DC maka diperlukan perbaikan kualitas tegangan DC dengan menggunakan tandon kapasitor sebagai perata tegangan. Kemudian tegangan DC diubah menjadi tegangan AC kembali oleh inverter dengan teknik PWM (Pulse Width Modulation). Dengan teknik PWM ini bisa didapatkan amplitudo dan frekuensi keluaran yang diinginkan. Selain itu teknik PWM juga menghasilkan harmonisa yang jauh lebih kecil dari pada teknik yang lain serta menghasilkan gelombang sinusoidal, dimana kita tahu kalau harmonisa ini akan menimbulkan rugi-rugi pada motor yaitu cepat panas. Maka dari itu teknik PWM inilah yang biasanya dipakai dalam mengubah tegangan DC menjadi AC (Inverter).

Memang ada banyak cara untuk mengatur/mengurangi kecepatan motor seperti dengan gear box / reducer. Namun mengatur kecepatan motor dengan inverter akan memperoleh banyak keuntungan yang lebih bila dibandingkan dengan cara-cara yang lain. Seperti : jangkauan yang luas untuk pengaturan kecepatan dan torsi motor, mempunyai akselerasi dan deselerasi yang dapat diatur, mempermudah proses monitoring/pengecekan, sistem proteksi motor yang baik, mengurangi arus starting motor dan menghemat pemakaian energi listrik, memperhalus start awal motor dll.

3.4 Power Supply

3.4.1 LiPo (Lithium Polimer)



Gambar 3.9 Battery Lithium Polimer

Gambar 3.9 adalah Battery LiPo yang tidak menggunakan cairan sebagai elektrolit melainkan menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan plastik film tipis. Lapisan film ini disusun berlapis-lapis diantara anoda dan katoda yang mengakibatkan pertukaran ion. Dengan metode ini baterai LiPo dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran

Pada setiap paket baterai LiPo selain tegangan ada label yang disimbolkan dengan "S". Disini "S" berarti sel yang dimiliki sebuah paket baterai (battery pack). Sementara bilangan yang berada didepan simbol menandakan jumlah sel dan biasanya berkisar antar 2-6S (meskipun kadang ada yang mencapai 10S). Berikut adalah beberapa contoh notasi baterai LiPo.

- 3.7 volt battery = 1 cell x 3.7 volts
- 7.4 volt battery = 2 cells x 3.7 volts (2S)
- 11.1 volt battery = 3 cells x 3.7 volts (3S)
- 14.8 volt battery = 4 cells x 3.7 volts (4S)
- 18.5 volt battery = 5 cells x 3.7 volts (5S)

- 22.2 volt battery = 6 cells x 3.7 volts (6S)

Discharge rate biasa disimbolkan dengan “C” merupakan notasi yang menyatakan seberapa cepat sebuah baterai untuk dapat dikosongkan (discharge) secara aman. Sesuai dengan penjelasan diatas bahwa energi listrik pada baterai LiPo berasal dari pertukaran ion dari anoda ke katoda. Semakin cepat pertukaran ion yang dapat terjadi maka berarti semakin nilai dari “C”. Sebuah baterai dengan discharge rate 10C berarti baterai tersebut dapat di discharge 10 kali dari kapasitas baterai sebenarnya. begitu juga 15C berarti 15 kali, dan 20C berarti 20 kali. Mari gunakan contoh baterai 1000 mAh diatas sebagai contoh. Jika baterai tersebut memiliki rating 10C maka berarti baterai tersebut dapat menahan beban maksimum hingga 10.000 miliampere atau 10 Ampere. (10×1000 miliampere = 10 Ampere). Angka ini berarti sama dengan 166 mA per menit, maka energi baterai 1000 mAh akan habis dalam 6 menit. Angka ini berasal dihitung dengan mengkalkulasi jumlah arus per menitnya. $1000 \text{ mAh} \div 60 \text{ menit} = 16,6 \text{ mA per menit}$. Lalu kemudian kalikan 16,6 dengan C rating (dalam hal ini 10) = 166 mA beban per menit. Lalu bagi 1000 dengan 166 = 6,02 menit

Menggunakan LiPo sebagai power untuk board Arduino dan board lainnya karena membutuhkan daya 12v DC, memilih LiPo karena perawatan mudah, banyak ditemui di pasaran dan yang paling penting bisa di charge / coss ulang jika kondisi power battery melemah.

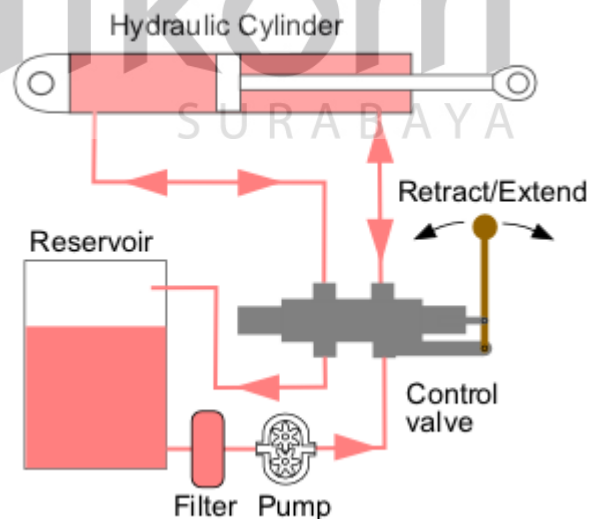
3.4.2 Accu



Gambar 3.10 Aki 150 Ampere

Gambar 3.10 adalah sumber Aki sebagai battery untuk mensupply daya pada motor 3 fasa yang berfungsi sebagai penggerak bogie. Karena aki bersifat DC maka power supply dari aki di lewatkan inverter ke AC agar motor dapat bergerak semestinya.

3.4.3 Electric Hydraulic



Gambar 3.11 Electric Hydraulic

Gambar 3.11 Silinder hidrolik adalah sebuah aktuator mekanik yang menghasilkan gaya searah melalui gerakan *stroke* yang searah. Alat ini menjadi salah satu bagian dari sistem hidrolik selain pompa dan motor hidrolik. Jika motor hidrolik mengubah tekanan fluida hidrolik menjadi gerakan putar, maka silinder hidrolik menghasilkan gerakan *stroke* yang searah.

Silinder hidrolik mendapatkan gaya dari fluida hidrolik bertekanan. Di dalam silinder hidrolik terdapat piston yang terhubung dengan *rod* yang dapat bergerak maju dan mundur bergantung pada sisi mana yang diisi oleh fluida hidrolik bertekanan. Besar tekanan yang digunakan berbeda pada kedua sisi silinder, bergantung pada beban, luas penampang silinder dan sisi *rod*-nya.

