



VOLUME 1 NOMOR 1 APRIL 2002

JURNAL TEKNIK



MEDIA PENGEMBANGAN ILMU DAN APLIKASI TEKNIK

Gianti P.M. Sujatmiko, C. Wahyudin, Ade Sri, M, T.M.A. Ari Samadhi

**APLIKASI MODEL PERENCANAAN PEMOTONGAN KAIN
(CUT ORDER PLANNING) PADA INDUSTRI GARMENT**

Wiranegara H.

**PENGONTROLAN KECEPATAN DAN ARAH PUTARAN MOTOR SERVO DC
DENGAN BANTUAN PERSONAL KOMPUTER (PC) DAN INTERFACE**

Rosita Arty, WW, Harsanti, M

EKSTRAKSI KHITIN DARI KULIT UDANG

Najmurokhman A.

**KARAKTERISASI KONVEKS MELALUI PERTIDAKSAMAAN MATRIKS NON LINIER
PADA ANALISIS STABILITAS KENDALI H UNTUK SISTEM NON LINIER**

Memed H.M.

**PETUNJUK DESAIN HIDRAULIS BENDUNG DAN PELIMPAH TIPE GERGAJI
(TIPE MDG)**

Putra A.G. Pawawoi

**PENGGUNAAN NATRIUM CLORIDE (NaCl) SEBAGAI ALTERNATIF
BAHAN PENGGANTI NIKEL CLORIDE (NiCl₂) PADA PROSES PELAPISAN NIKEL**

Jahny, Sast

PEMIMPIN, PENGELOLA, FASILITATOR

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD YANI
BANDUNG - CIMAHI**



VOLUME 1 NOMOR 1 APRIL 2002

JURNAL TEKNIK



MEDIA PENGEMBANGAN ILMU DAN APLIKASI TEKNIK

Ir. Wasito	ii
SAMBUTAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNJANI	
Gianti P.M. Sujatmiko, C. Wahyudin, Ade Sri, M, T.M.A. Ari Samadhi	1
APLIKASI MODEL PERENCANAAN PEMOTONGAN KAIN (CUT ORDER PLANNING) PADA INDUSTRI GARMENT	
Wiranegara H.	10
PENGONTROLAN KECEPATAN DAN ARAH PUTARAN MOTOR SERVO DC DENGAN BANTUAN PERSONAL KOMPUTER (PC) DAN INTERFACE	
Rosita Arty, WW, Harsanti, M	21
EKSTRAKSI KHITIN DARI KULIT UDANG	
Najmurokhman A.	26
KARAKTERISASI KONVEKS MELALUI PERTIDAKSAMAAN MATRIKS NON LINIER PADA ANALISIS STABILITAS KENDALI H UNTUK SISTEM NON LINIER	
Memed H.M.	33
PETUNJUK DESAIN HIDRAULIS BENDUNG DAN PELIMPAH TIPE GERGAJI (TIPE MDG)	
Putra A.G. Pawawoi	47
PENGGUNAAN NATRIUM CLORIDE (NaCl) SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN PENGGANTI NIKEL CLORIDE (NiCl₂) PADA PROSES PELAPISAN NIKEL	
Jahny, Sast	52
PEMIMPIN, PENGELOLA, FASILITATOR	

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD YANI
BANDUNG - CIMAHI**



JURNAL

Volume 1, Nomor 1, Desember 2019

1. *Analisis ...*

2. *Studi ...*

3. *Penelitian ...*

4. *Uji ...*

5. *Hubungan ...*

6. *Pengaruh ...*

7. *Perbedaan ...*

8. *Keefektifan ...*

9. *Persepsi ...*

10. *Analisis ...*

11. *Studi ...*

12. *Penelitian ...*

13. *Uji ...*

14. *Hubungan ...*

15. *Pengaruh ...*

16. *Perbedaan ...*

17. *Keefektifan ...*

18. *Persepsi ...*

19. *Analisis ...*

20. *Studi ...*

21. *Penelitian ...*

22. *Uji ...*

23. *Hubungan ...*

24. *Pengaruh ...*

25. *Perbedaan ...*

26. *Keefektifan ...*

27. *Persepsi ...*

28. *Analisis ...*

29. *Studi ...*

30. *Penelitian ...*

31. *Uji ...*

32. *Hubungan ...*

33. *Pengaruh ...*

34. *Perbedaan ...*

35. *Keefektifan ...*

36. *Persepsi ...*

37. *Analisis ...*

38. *Studi ...*

39. *Penelitian ...*

40. *Uji ...*

41. *Hubungan ...*

42. *Pengaruh ...*

43. *Perbedaan ...*

44. *Keefektifan ...*

45. *Persepsi ...*

46. *Analisis ...*

47. *Studi ...*

48. *Penelitian ...*

49. *Uji ...*

50. *Hubungan ...*

51. *Pengaruh ...*

52. *Perbedaan ...*

53. *Keefektifan ...*

54. *Persepsi ...*

55. *Analisis ...*

56. *Studi ...*

57. *Penelitian ...*

58. *Uji ...*

59. *Hubungan ...*

60. *Pengaruh ...*

61. *Perbedaan ...*

62. *Keefektifan ...*

63. *Persepsi ...*

64. *Analisis ...*

65. *Studi ...*

66. *Penelitian ...*

67. *Uji ...*

68. *Hubungan ...*

69. *Pengaruh ...*

70. *Perbedaan ...*

71. *Keefektifan ...*

72. *Persepsi ...*

73. *Analisis ...*

74. *Studi ...*

75. *Penelitian ...*

76. *Uji ...*

77. *Hubungan ...*

78. *Pengaruh ...*

79. *Perbedaan ...*

80. *Keefektifan ...*

81. *Persepsi ...*

82. *Analisis ...*

83. *Studi ...*

84. *Penelitian ...*

85. *Uji ...*

86. *Hubungan ...*

87. *Pengaruh ...*

88. *Perbedaan ...*

89. *Keefektifan ...*

90. *Persepsi ...*

91. *Analisis ...*

92. *Studi ...*

93. *Penelitian ...*

94. *Uji ...*

95. *Hubungan ...*

96. *Pengaruh ...*

97. *Perbedaan ...*

98. *Keefektifan ...*

99. *Persepsi ...*

100. *Analisis ...*

Indonesian Journal of ...



Volume 1 Nomor 1 April 2002

JURNAL TEKNIK

Media Pengembangan Ilmu Dan Aplikasi Teknologi

Pengantar Redaksi

Pembaca yang budiman,

Sesungguhnya kami merasa malu, sebagai sebuah institut pendidikan tinggi, fakultas teknik, UNJANI yang sudah berdiri sejak 11 tahun yang lalu belum memiliki jurnal yang dapat digunakan sebagai sarana untuk mengkomunikasikan apa yang sudah, sedang, dan akan kami kerjakan di bidang ilmu keteknikan.

Ada pepatah yang mengatakan, "lebih baik terlambat daripada tidak sama sekali", maka pada edisi perdana ini kami dengan bangga hati mencoba menerbitkan karya tulis dari dosen-dosen yang menjadi staf pengajar di jurusan-jurusan yang bernaung di bawah fakultas teknik, UNJANI. Kepada mereka kami menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya atas dukungan diterbitkannya jurnal fakultas teknik ini.

Sebagai sebuah jurnal yang memuat karya tulis dosen-dosen fakultas teknik, pada edisi perdana ini kami ingin menawarkan sebuah warna, di mana karya tulis yang dimuat mencerminkan ragam disiplin ilmu keteknikan yang diselenggarakan di fakultas teknik UNJANI. Ragam tulisan itu merupakan karya tulis staf pengajar yang ada di jurusan teknik industri, teknik mesin, teknik elektro, teknik metalurgi, teknik sipil, dan teknik kimia.

Keterbatasan halaman, dan keinginan memiliki warna itulah, maka jumlah tulisan yang dapat diterbitkan juga menjadi terbatas, akan tetapi kami yakin pembaca dapat memaklumi kondisi ini.

April 2002

Penanggung Jawab :

Ir. Wasito (Dekan FT-UNJANI)

Pemimpin Umum :

Ir. Ronni Ibnu Sabil, MT (PD-I)

Pemimpin Usaha :

Ir. Unang Slamet (PD-II)

Pemimpin Redaksi :

Ir. Jahny Sast, MSc (PD-III)

Editor / Redaktur Pelaksana :

Ir. Moro Sujatmiko (Ketua)

Ir. Cucu Wahyudin, MT

Ir. Ni Ketut HD, MM

Ir. Antono Damayanto, MMBat

Ir. Febrianto

Pawawoi, ST

War'an, ST

Tata Usaha

Suwardi

Alamat Redaksi :

Jl. Gatot Subroto PO BOX 807

Telp. (022) 7312741

Bandung

E-mail : moro@koran.com

**Diterbitkan oleh Fakultas Teknik
Universitas Jenderal Achmad Yani**

SAMBUTAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Alloh SWT karena berkat karunia serta rahmat-Nya Fakultas Teknik Unjani mulai bulan April 2002 ini dapat menerbitkan sebuah Jurnal Teknik. Sesuai dengan misi Fakultas Teknik Unjani yang antara lain menyelenggarakan kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi di bidang teknologi dengan orientasi keunggulan mutu serta mengupayakan berbagai terobosan dibidang teknologi tepat guna yang bermanfaat bagi pernbangunan bangsa, maka sudah sewajarnya Fakultas Teknik Unjani menyediakan wadah yang memadai guna penyebar luasan karya tulis maupun publikasi hasil-hasil penelitian para dosennya.

Kemampuan Fakultas Teknik Unjani dalam mengembangkan dirinya barulah terbatas pada pengembangan fisik, belum menyentuh persoalan yang sangat substansial dalam proses pendidikan tinggi, yaitu mengembangkan diri menjadi masyarakat ilmiah yang memiliki integritas tinggi baik untuk skala regional maupun nasional. Sehubungan dengan itu maka diharapkan Jurnal Teknik ini dapat merupakan salah satu sasaran yang terdekat guna membentuk masyarakat ilmiah di lingkungan Fakultas Teknik Unjani.

Bagi Fakultas Teknik Unjani dengan usianya yang sudah lebih satu dasawarsa, rasanya penerbitan Jurnal Teknik ini sudah sangat terlambat, namun sudah lebih baik dari pada tidak dimulai. Memang persoalan penerbitan sebuah Jurnal Teknik ternyata tidak semudah yang kita bayangkan sebelumnya. Kegamangan dirasakan terhadap kemungkinan kesulitan memperoleh naskah-naskah ilmiah, pendanaan dan terutama pada persoalan manajerial organisasi.

Selaku Dekan Fakultas Teknik Unjani saya menyambut gembira penerbitan perdana Jurnal Teknik ini disertai ucapan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah menyumbangkan tenaga, pikiran dan waktunya.

Mudah-mudahan Jurnal Teknik ini juga dapat dijadikan sarana bagi para alumnus Fakultas Teknik Unjani untuk menyampaikan perkembangan teknologi yang mereka temui dilingkungan pekerjaannya sebagai umpan balik yang bermanfaat bagi almamaternya.

Akhirul kata saya ucapkan selamat bekerja kepada tim redaksi/pengasuh Jurnal Teknik ini disertai do'a semoga dapat terbit secara berkelanjutan.

Billahit taufik wal hidayah wassalamu'alaikum wr. wb.
Bandung, April 2002

Dekan,

Wasito, Ir.

APLIKASI MODEL PERENCANAAN PEMOTONGAN (*CUT ORDER PLANNING*) PADA INDUSTRI GARMENT

Oleh:

Gianti Puspawardhani; Moro Sujatmiko; Cucu Wahyudin; Ade Sri M; T.M.A. Ari Samadhi
Jurusan Teknik Industri-Fakultas Teknik UNJANI
E-mail : moro@koran.com

ABSTRAK

Perencanaan pemotongan kain merupakan kegiatan penting pada suatu industri pakaian/garment, sebelum proses pemotongan dan proses manufaktur dilakukan. Masalah dalam perencanaan pemotongan kain pada industri garment adalah penempatan pola/pattern bagian-bagian pakaian pada selembar kain (bahan) yang dapat memaksimalkan luas areal kain yang terpakai dengan biaya pemotongan yang minimal. Perencanaan pemotongan bahan (*cut order planning*) merupakan masalah yang kompleks karena ukuran, *style*, dan *due date* pakaian yang dipesan konsumen sangat bervariasi.

Faktor maksimisasi luas areal kain yang terpakai dan minimisasi biaya pemotongan merupakan dua kriteria yang harus diperhatikan dalam perencanaan pemotongan kain pada suatu industri garment, oleh karenanya penelitian yang melibatkan kedua faktor ini sangat diperlukan. Penelitian ini menggabungkan metode penempatan trim Grienda dan Daniels (1999) dengan metode minimisasi biaya pemotongan kain melalui kombinasi ukuran pola/pattern pada suatu seksi (Jacobs et.al, 1998). Pengujian terhadap model yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan data real dari suatu inudstri garment di Bandung.

Kata kunci: *Cut Order Planning, Garment*

Pendahuluan

Mode dan *tren* pakaian sangat cepat berubah, sehingga suatu industri *garment* harus responsif terhadap perubahan tersebut jika ingin bertahan dan menang dalam persaingan usahanya. Untuk mengantisipasi perubahan, industri *garment* (terutama skala kecil-menengah), cenderung berproduksi dengan strategi *make to order* dengan ukuran *lot* produksi yang kecil.

Kriteria penting pada suatu sistem manufaktur *make to order* (Schroeder, 2000), diantaranya adalah kemampuan untuk mengakomodasi permintaan konsumen yang bervariasi dan pemenuhan *due date* seperti yang diinginkan konsumen. Akomodasi terhadap permintaan konsumen yang beragam dan pemenuhan *due date* dapat dilakukan jika sistem manufaktur mampu secara efisien merubah prioritas produksinya. Kemampuan untuk merubah prioritas produksi secara efisien diantaranya ditentukan oleh fleksibilitas proses perencanaan dalam mengakomo-

dasi perubahan. Salah satu proses perencanaan penting dalam industri *garment*

(Jacobs et.al, 1998) adalah perencanaan pemotongan bahan/kain (*cut order planning*).

Perencanaan pemotongan kain merupakan kegiatan penting pada suatu industri *garment* sebelum proses pemotongan dan manufaktur dilakukan. Masalah dalam perencanaan pemotongan kain adalah penempatan pola/pattern pakaian pada selembar kain, sehingga dapat memaksimalkan luas areal kain yang terpakai. Perencanaan pemotongan kain merupakan masalah yang kompleks karena ukuran, *style*, ketersediaan alat dan bahan, serta *due date* pakaian yang dipesan konsumen sangat bervariasi.

Proses pemotongan kain dilakukan dengan cara menumpukkan sejumlah lembar kain pada meja pemotongan, dengan kain yang sudah diberi gambar pola ditempatkan pada lapisan teratas (kain master). Pemotongan dilakukan dengan mengikuti garis-garis pada kain master. Jika penempatan pola pada kain master efisien, maka *scraf* (majun) yang dihasilkan pada proses pemotongan akan minimal, begitu pula sebaliknya. Oleh karenanya, perencanaan

pemotongan kain merupakan proses yang sangat penting pada industri *garment*.

Berbagai penelitian tentang perencanaan pemotongan kain telah dilakukan, diantaranya oleh Grinde dan Daniels (1999) serta Jacobs et al (1998). Grinde dan Daniels (1999) melakukan penelitian tentang penempatan pola pada kain master. Dalam penelitiannya pola suatu jenis pakaian dibagi dalam 2 kelompok, yaitu bagian yang “besar” yang disebut *panel* (misalnya bagian kaki pada celana panjang), dan yang “kecil” yang disebut *trim* (misalnya kantong celana/*pockets*, *beltloops*, *waistbands*). Penelitian Grinde dan Daniels (1999) berfokus pada metode penempatan *trim* pada kain master, sedangkan bagian *panel* diasumsikan telah tergambar pada kain tersebut.

Jacobs et al (1998) melakukan penelitian tentang penentuan jumlah tumpukan oPT.imum pada proses pemotongan kain, sehingga diperoleh biaya pemotongan yang minimum. Penelitiannya mengasumsikan bahwa pola pakaian telah tergambar pada kain master.

Output dari proses perencanaan pemotongan kain adalah selebar kain dengan pola pakaian yang sudah digambar di atasnya. Kain yang sudah digambar tersebut akan menjadi input bagi proses pemotongan kain dan proses manufaktur, yang pada akhirnya akan berpengaruh pada jumlah *scraf* (majun) yang dihasilkan dan persediaan produk jadi. Dengan demikian metode penempatan *panel* dan *trim* pada kain master, yang pada Grinde dan Daniels (1999) diasumsikan telah tersedia, menjadi sangat penting.

Karena akan berpengaruh pada jumlah *scraf* dan persediaan produk jadi, maka perencanaan pemotongan kain selain mempertimbangkan efisiensi penempatan pola juga harus mempertimbangkan *due date* dari setiap ukuran pakaian. Penelitian ini mencoba mengembangkan model penempatan pola (*panel dan trim*) pada kain master dengan mempertimbangkan efisiensi penempatan pola dan *due date* dari setiap ukuran. Posisi penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Posisi penelitian terhadap penelitian lain

Peneliti	Penempatan Panel	Penempatan Trim	Penentuan <i>Ply Height</i>
Grinde&Daniels (1999)	Given	Given	Metode heuristik *Minimasi biaya pemotongan
Jacobs et al (1998)	Given	Metode analitis * Maksimasi penempatan trim	-
Gianti et al (2001)	Metode heuristik *Maksimasi penempatan pola pada kain master (minimasi majun)		-

Perumusan Masalah

Kegiatan perencanaan pemotongan kain diawali dengan diterimanya sejumlah pesanan untuk dimanufaktur. Setiap pesanan yang diterima memiliki spesifikasi ukuran, *style*, bahan, jumlah dan *due date* tertentu. Setelah bahan dan pola untuk setiap ukuran tersedia, dilakukan pemilihan kombinasi ukuran yang akan mengalami proses pemotongan bersama-sama. Bahan yang akan dipotong dihamparkan (dan ditumpuk) pada meja potong. Pola dari

kombinasi ukuran terpilih digambarkan pada kain master, dan diletakkan pada lapisan yang paling atas.

Masalah pertama yang dihadapi pada perencanaan pemotongan kain adalah pada penentuan kombinasi ukuran yang akan mengalami proses pemotongan bersama-sama, sehingga kombinasi terpilih dapat meminimumkan *scraf* dan memperhatikan prioritas pemotongan (berhubungan dengan *due date*). Pemilihan kombinasi merupakan masalah yang kompleks. Kombinasi terpilih dapat hanya

terdiri dari sejumlah pola dengan ukuran yang sama atau campuran dari ukuran yang berbeda.

Sebagai ilustrasi, pada sebuah industri kecil *garment* yang memiliki meja potong dengan panjang 7 meter serta lebar 2 meter dapat memuat maksimum 6 pola celana panjang dari 3 ukuran (No. 28 (S), 29(M), 30(L)). Berdasarkan data ini, maka jumlah kombinasi ukuran yang mungkin adalah 58 buah kombinasi. Jika masing-masing ukuran pakaian terdiri dari 4 *panel* dan 13 *trim*, maka pada setiap kombinasi akan terdapat 24 *panel* dan 52 *trim* yang harus ditempatkan pada kain master. Dengan demikian akan terdapat 76 ! (lebih dari 8×10^{81}) cara penempatan *panel* dan *trim* pada kain master. Kombinasi dan cara penempatan pola akan semakin besar seiring dengan penambahan tipe ukuran pakaian, serta jumlah maksimum pola yang dapat diakomodasi oleh meja pemotongan pada setiap kali proses pemotongan dilakukan.

Pada industri *garment* skala kecil-menengah, penempatan *panel* dan *trim* dilakukan oleh pekerja yang berpengalaman. Penempatan pola pakaian didasarkan pada pengalaman (*trial and error*), tanpa metode yang dibakukan, dan didasarkan pada kriteria visual. Oleh karenanya hanya karyawan tertentu yang dapat melakukan pekerjaan penempatan pola, sehingga ketergantungan perusahaan pada karyawan tersebut sangat besar. Dengan kondisi seperti ini, maka metode standar penempatan pola pada kain master sangat diperlukan agar efisiensi penggunaan kain dan pemenuhan *due date* menjadi lebih terukur.

Penelitian ini mencoba mengembangkan metode penempatan *panel* dan *trim* pada kain master. Karena masalah perencanaan pemotongan kain sangat kompleks, maka pada penelitian ini digunakan batasan-batasan sebagai berikut;

1. Model yang dikembangkan ditujukan untuk industri *garment* skala kecil-menengah, yang memiliki meja pemotongan kain dengan panjang maksimum 10 meter dan lebar maksimum 2 meter.
2. Penelitian dibatasi pada penentuan penempatan panel dan trim pada kain master, sedangkan penentuan jumlah tumpukan lembar kain merupakan topik penelitian yang berbeda.

Asumsi-asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Jumlah, ukuran/*style*, dan *due date* pesanan diketahui, serta tidak mengalami perubahan selama horison perencanaan.
2. *Style* pakaian untuk semua ukuran pada satu meja pemotongan sama.
3. Penempatan *panel* dan *trim* secara vertikal/horizontal tidak mempengaruhi kualitas produk jadi.

Formulasi Model

a. Parameter dan variabel

Misalkan suatu perusahaan *garment* menerima pesanan yang terdiri dari 3 ukuran v (S,M,L), dengan jumlah pesanan ke i untuk ukuran v adalah n_{iv} ($i = 1,2,3,\dots,m$, $v=1,2,\dots,w$). Untuk setiap pesanan ke i ukuran v memiliki *due date* d_{iv} . Setiap ukuran pakaian v disusun oleh sebanyak b bagian pola, yang terdiri dari *panel* dan *trim*. Pada perusahaan tersebut terdapat 1 buah meja dengan panjang P dan lebar L . Setiap kain yang akan dipotong memiliki lebar standar, 1.2 meter.

Variabel keputusan pada model yang dikembangkan adalah penentuan kombinasi ukuran terpilih X_c ($c=1,2,3,\dots,k$) dan cara penempatan *panel* dan *trim* Y_t ($t=1,2,3,\dots,u$) yang dapat memaksimalkan luas *panel* dan *trim* yang dapat diletakkan di atas kain master, dengan memperhatikan prioritas berdasarkan *due date*. Parameter-parameter yang digunakan pada model ini selengkapnya adalah sebagai berikut;

- n_{iv} Jumlah pesanan ke i untuk ukuran v
 d_{iv} due date pesanan ke i untuk ukuran v
 A_b Luas areal pola bagian ke b
 A_T Luas maksimum kain yang dihamparkan di meja potong
 d_{ivc} due date pesanan ke i untuk ukuran v pada kombinasi ke c

b. Model Matematika

$$\text{Max} \\ z = \sum_{t=1}^u \sum_{c=1}^k \sum_{b=1}^r A_b \cdot X_c \cdot Y_t$$

X_c = 1; Jika pola bagian b pada kombinasi ke c diletakkan pada kain master.
= 0; lainnya

Y_t = 1; Jika pola bagian b pada cara penempatan *panel* dan *trim* ke t diletakkan pada kain master.
= 0; lainnya.

$$\text{S/t} \\ \sum_{b=1}^r A_b \leq A_T \quad (1)$$

$$A_b \geq 0 \quad (2)$$

$$d_{iv} \sum d_{ivc} \quad (3)$$

Fungsi tujuan pada model ini adalah maksimasi luas *panel* dan *trim* yang dapat diletakkan pada kain master. Kendala 1 menunjukkan bahwa luas maksimum dari *panel* dan *trim* yang diletakkan di atas kain master adalah sama dengan luas maksimum kain yang terhampar di atas meja potong. Kendala 2 menunjukkan bahwa luas *panel* dan *trim* selalu lebih besar dari 0, dan kendala 3 menunjukkan bahwa *due date* dari pesanan ke i pada ukuran v terdapat pada *due date* dari salah satu pesanan pada kombinasi ukuran ke c terpilih.

Solusi optimum dari model penentuan kombinasi ukuran serta penempatan *panel* dan *trim* pada kain master dapat ditentukan secara analitis, namun ukuran yang semakin beragam dan jumlah serta tipe *panel* dan *trim* yang semakin banyak akan memperbesar kombinasi dan cara penempatan *panel* dan *trim* pada kain master (fungsi NP Hard). Oleh karenanya, penentuan solusi optimum dengan cara analitis akan membutuhkan waktu komputasi yang sangat besar.

Penentuan solusi pada penelitian ini dilakukan dengan pendekatan heuristik, karena selain model yang dikembangkan merupakan fungsi NP hard, penentuan penempatan *panel* dan *trim* pada kasus real di industri *garment* juga lebih memprioritaskan pada kecepatan waktu.

Pengembangan Algoritma

Algoritma yang dikembangkan dikelompokkan ke dalam dua algoritma, yaitu algoritma penentuan kombinasi terpilih dan penempatan *panel* (Algoritma 1) dan algoritma penempatan *trim* (Algoritma 2). Algoritma penentuan kombinasi terpilih didasarkan pada luas total *panel* dan *trim* dari kombinasi yang mungkin, yaitu yang paling mendekati luas maksimum dari kain yang dihamparkan di meja potong.

Algoritma penempatan *panel* dan *trim* didasarkan pada Grinde dan Daniels (1999) bahwa secara logis penempatan *panel* akan dilakukan lebih dahulu, yang kemudian diikuti oleh penempatan *trim* pada areal kosong diantara *panel*. Algoritma 3, penempatan *trim*, didasarkan pada pemasangan luas areal kosong yang tersedia dengan luas *trim* yang akan ditempatkan, serta kesesuaian bentuk dasar (lingkaran, segiempat, segitiga) dari areal kosong dan *trim*. Algoritma yang dikembangkan adalah sebagai berikut;

Algoritma 1 (Pemilihan kombinasi ukuran dan penempatan panel)

1. Pembangkitan kombinasi ukuran
 - a. Hitung luas *panel* dan *trim* dari pola pakaian untuk setiap ukuran.
 - b. Berdasarkan pesanan yang ada, bangkitkan kombinasi ukuran yang mungkin, dengan aturan luas total *panel* dan *trim* dari kombinasi tersebut mendekati luas hamparan kain di atas meja.
2. Penentuan luas panel dari kombinasi ukuran yang mungkin
 - a. Kelompokkan pola dalam kelompok *panel* dan *trim*.
 - b. Hitung luas total *panel* untuk setiap kombinasi terpilih.
 - c. Urutkan kombinasi terpilih berdasarkan luas panel terbesar.

3. Penentuan kombinasi terpilih
 - a. Dari kombinasi terpilih, tentukan kombinasi dengan luas *panel* terbesar.
 - b. Dari kombinasi dengan luas panel terbesar, periksa apakah pada kombinasi tersebut melibatkan pesanan dengan *due date* terdekat.

Jika tidak terdapat pesanan dengan *due date* terdekat, periksa apakah masih ada kombinasi dengan luas *panel* yang lebih kecil. Jika masih terdapat kombinasi tersebut, pilih kombinasi dengan luas *panel* yang lebih kecil. Kembali ke langkah 3b.

Jika sudah tidak terdapat kombinasi, lanjutkan ke langkah 16.

Jika terdapat pesanan dengan *due date* terdekat, jadikan kombinasi tersebut sebagai kombinasi ukuran terpilih. Lanjutkan ke langkah 4.

4. Petakan *panel* dari kombinasi terpilih pada kain master. Lanjutkan ke algoritma penempatan *trim*.

Algoritma 2. (Penempatan Trim)

1. Identifikasi bentuk dasar areal kosong dan *trim*
 - a. Identifikasikan bentuk-bentuk dasar (h = lingkaran, q = segitiga, z = persegi panjang)
 - b. Identifikasi areal kosong pada kain master. Identifikasikan areal tersebut kedalam bentuk dasar terdekat. Beri nomor h_g = lingkaran ke g , q_g = segitiga ke g , z_g = persegi panjang ke g ; ($g = 1, 2, \dots, \infty$). Hitung luas (A) dari bentuk dasar tersebut.
 - c. Identifikasikan *trim* setiap ukuran pakaian ke bentuk dasar terdekat. Beri nomor ($h_{g'}$ = lingkaran trim ke g , $q_{g'}$ = segitiga trim ke g , $z_{g'}$ = persegi panjang trim ke g ; ($g = 1, 2, \dots, \infty$). Hitung luas dari setiap bentuk dasar *trim*.
2. Untuk semua g , tentukan;

$h_{g'} = h_g$, Jika $A h_{g'} \leq A h_g$; (A = luas areal)

Apakah ada $h_{g'} \neq h_g$?

Jika tidak ada, lanjutkan ke langkah 3,

Jika ada $h_{g'} \neq h_g$, Inventarisir $h_{g'}$.

Lanjutkan ke langkah 3

3. Untuk semua g , tentukan;

$q_{g'} = q_g$; Jika $A q_{g'} \leq A q_g$; (A = luas areal)

Apakah ada $q_{g'} \neq q_g$?

Jika tidak ada $q_{g'} \neq q_g$, lanjutkan ke langkah 4,

Jika ada $q_{g'} \neq q_g$, Inventarisir $q_{g'}$.

Lanjutkan ke langkah 4

4. Untuk semua g , tentukan;

$z_{g'} = z_g$; Jika $A z_{g'} \leq A z_g$; (A = luas areal)

dan $P z_{g'} \leq P z_g$. (P = panjang persegi panjang)

dan $L z_{g'} \leq L z_g$; (L = lebar persegi panjang)

Apakah ada $z_{g'} \neq z_g$?

Jika tidak ada $z_{g'} \neq z_g$, lanjutkan ke langkah 5,

Jika ada $z_{g'} \neq z_g$, Inventarisir $z_{g'}$.

Lanjutkan ke langkah 5

5. Apakah ada $h_{g'}$, $q_{g'}$, dan $z_{g'}$ yang belum punya pasangan ?

Jika tidak ada $h_{g'}$, $q_{g'}$, dan $z_{g'}$ yang tidak punya pasangan, lanjutkan ke langkah 13

Jika ada $h_{g'}$, $q_{g'}$ dan $z_{g'}$ yang tidak punya pasangan, lanjutkan ke langkah 6.

6. Untuk semua g , bangkitkan inventarisasi $h_{g'}$, $q_{g'}$ dan $z_{g'}$ yang belum punya pasangan. Identifikasi sebagai $h'_{g'}$, $q'_{g'}$ dan $z'_{g'}$.

7. Untuk semua g , tentukan;

$h_{g'} = q_g$; Jika $A h_{g'} \leq A q_g$; (A = luas areal)

dan visual $h_{g'}$ dapat ditempatkan pada q_g .

Apakah ada $h_{g'} \neq q_g$?

Jika tidak ada $h_{g'} \neq q_g$, lanjutkan ke langkah 9

Jika ada $h_{g'} \neq q_g$, Lanjutkan ke langkah 8.

8. Untuk semua g , tentukan;

$h_{g'} = z_g$; Jika $A h_{g'} \leq A z_g$; ($A =$ luas areal)

dan visual $h_{g'}$ dapat ditempatkan pada z_g .

Apakah ada $h_{g'} \neq z_g$?

Jika tidak ada $h_{g'} \neq z_g$, lanjutkan ke langkah 9

Jika ada $h_{g'} \neq z_g$, Lanjutkan ke langkah 16

9. Untuk semua g , tentukan;

$q_{g'} = h_g$; Jika $A q_{g'} \leq A h_g$; ($A =$ luas areal)

dan visual $q_{g'}$ dapat ditempatkan pada h_g .

Apakah ada $q_{g'} \neq h_g$?

Jika tidak ada $q_{g'} \neq h_g$, lanjutkan ke langkah 11.

Jika ada $q_{g'} \neq h_g$, Lanjutkan ke langkah 10.

10. Untuk semua g , tentukan;

$q_{g'} = z_g$; Jika $A q_{g'} \leq A z_g$; ($A =$ luas areal)

dan visual $q_{g'}$ dapat ditempatkan pada z_g .

Apakah ada $q_{g'} \neq z_g$?

Jika tidak ada $q_{g'} \neq z_g$, lanjutkan ke langkah 11

Jika ada $q_{g'} \neq z_g$, Lanjutkan ke langkah 16

11. Untuk semua g

$z_{g'} = h_g$; Jika $A z_{g'} \leq A h_g$; ($A =$ luas areal)

dan visual $z_{g'}$ dapat ditempatkan pada h_g .

Apakah ada $z_{g'} \neq h_g$?

Jika tidak ada $z_{g'} \neq h_g$, lanjutkan ke langkah 13

Jika ada $z_{g'} \neq h_g$, Lanjutkan ke langkah 12.

12. Untuk semua g

$z_{g'} = q_g$; Jika $A z_{g'} \leq A q_g$; ($A =$ luas areal)

dan visual $z_{g'}$ dapat ditempatkan pada q_g .

Apakah ada $z_{g'} \neq q_g$?

Jika tidak ada $z_{g'} \neq q_g$, lanjutkan ke langkah 13

Jika ada $z_{g'} \neq q_g$, Lanjutkan ke langkah 16

13. Apakah masih ada trim yang belum

punya pasangan ?

Jika tidak ada, lanjutkan ke langkah 14

Jika masih ada, lanjutkan ke langkah 16

14. Hitung

Panjang kain yang akan dipotong; jarak antara ujung kain dengan ujung pola.

Luas kain yang akan dipotong (lebar x panjang kain), lanjutkan ke langkah

15. Hitung luas scraf (luas kain – (luas total panel+luas total trim), lanjutkan ke langkah 17.

16. Dari kombinasi terpilih, hilangkan 1 ukuran dengan ketentuan;

a. Ukuran S, jika ukuran S tidak ada pada due date terdekat.

b. Ukuran M, jika ukuran M tidak ada pada due date terdekat

c. Ukuran L, jika ukuran L tidak ada pada due date terdekat

Kembali ke Algoritma 1.

16. Program selesai

Aplikasi dan Analisis Model

Untuk mengetahui cara kerja dan performansi algoritma yang dikembangkan, digunakan contoh data dari perusahaan *garment* yang memproduksi celana panjang jeans (contoh aplikasi 1 dan 2). Analisis model dilakukan dengan membandingkan performansi hasil algoritma yang dikembangkan dengan cara penempatan pola di perusahaan yang dikunjungi, dan rencana pengembangan penelitian lebih lanjut. Performansi yang dibandingkan adalah jumlah scraf (majun) yang dihasilkan.

Contoh aplikasi 1.

Misalkan suatu industri *garment* menerima pesanan dengan spesifikasi sebagai berikut:

Penempatan panel dan trim pada contoh aplikasi ini diilustrasikan pada lampiran (Gambar 1).

Tabel 1. Pesanan pada contoh aplikasi 1

No	Ukuran	Σ Demand (Pieces)	Due date (hari ke)
1	27 (S)	57	9
2	28 (M)	60	10
3	29 (L)	18	6

Setiap ukuran celana tersusun dari 4 panel dan 11 trim. Kombinasi yang mungkin ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan aturan algoritma yang dikembangkan, terpilih kombinasi ke 24, yang memiliki luas panel terbesar dan mengandung pesanan dengan *due date* terdekat.

Contoh aplikasi 2.

Industri *garment* menerima pesanan seperti pada Tabel 2. Spesifikasi lain dari contoh aplikasi 2 sama dengan contoh aplikasi 1. Kombinasi ukuran ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan aturan algoritma yang dikembangkan, terpilih kombinasi ke 19.

Tabel 2. Contoh aplikasi 2

Ukuran	Σ Demand	Due Date
27	40	8
28	28	10
29	60	15

Tabel 3. Kombinasi ukuran

No	Ukuran			Luas total (cm ²)	luas panel (cm ²)
	S	M	L		
1	1	1	4	75,673.34	68,377.26
2	1	2	3	74,890.78	67,602.62
3	1	3	2	74,108.22	66,827.98
4	1	4	1	73,325.66	66,053.34
5	2	1	3	74,514.68	67,234.60
6	2	2	2	73,732.12	66,459.96
7	2	3	1	72,949.56	65,685.32
8	3	1	2	73,356.02	66,091.94
9	3	2	1	72,573.46	65,317.30
10	4	1	1	72,197.36	64,949.28
11	5	1	0	71,038.70	63,806.62
12	5	0	1	71,821.26	64,581.26
13	6	0	0	70,662.60	63,438.60
14	0	1	5	76,832.00	69,519.92
15	0	2	4	76,049.44	68,745.28
16	0	3	3	75,266.88	67,970.64
17	0	4	2	74,484.32	67,196.00
18	0	5	1	73,701.76	66,421.36
19	1	0	5	76,455.90	69,151.90
20	2	0	4	75,297.24	68,009.24
21	3	0	3	74,138.58	66,866.58
22	4	0	2	72,979.92	65,723.92
23	0	6	0	72,919.20	65,646.72
24	0	0	6	77,614.56	70,294.56
25	4	2	0	71,414.80	64,174.64
26	3	3	0	71,790.90	64,542.66
27	2	4	0	72,167.00	64,910.68
28	1	5	0	72,543.10	65,278.70

Analisis Model

Penempatan pola pada kain master di industri *garment* dilakukan berdasarkan pengalaman. Penempatan pola pada kain master biasanya dilakukan untuk ukuran dan *style* yang sama, dan jarang ukuran yang berbeda diletakkan pada kain master yang sama. Jika setelah proses pemotongan, perusahaan menerima pesanan yang harus segera dikirim, maka dilakukan pemetaan kain master untuk setiap ukuran pesanan tersebut. Selanjutnya dilakukan proses pemotongan dan proses manufaktur. Proses manufaktur untuk pesanan *mendadak* dapat dilakukan mendahului proses manufaktur untuk pesanan sebelumnya. Oleh karenanya, persediaan produk setengah jadi menjadi tinggi. Hal ini salah satunya disebabkan oleh tidak dilakukannya proses pemotongan secara bersama-sama untuk ukuran yang berbeda.

Contoh aplikasi 2 menunjukkan bahwa Kain master dengan kombinasi pola dari beberapa ukuran, selain menunjukkan akomodasi terhadap pesanan konsumen yang beragam juga memiliki peluang untuk menghasilkan majun dengan lebih sedikit. Majun yang dihasilkan pada contoh aplikasi 2 sebesar 7 544.10 cm² untuk setiap lembar kain yang dipotong, sedangkan dengan cara yang biasa dilakukan di pabrik menghasilkan majun sebesar 13 337.40 cm². Hal ini menunjukkan bahwa algoritma yang dihasilkan memiliki kemampuan untuk memaksimalkan penempatan panel dan trim pada kain master (minimasi majun).

Pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini adalah dengan menjadikan arah penempatan (vertikal/horisonal) sebagai fungsi pembatas, karena cara penempatan akan berpengaruh pada kualitas produk jadi. Hal lain yang harus dipertimbangkan pada pengembangan penelitian ini adalah integrasi penentuan peletakkan pola dan penentuan jumlah tumpukan, akomodasi terhadap *style* yang berbeda pada satu kain master, serta pengaruh perencanaan pemotongan kain terhadap persediaan produk jadi dan setengah jadi. Diharapkan output dari pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini adalah suatu metode perencanaan pemotongan kain yang terintegrasi, lengkap dengan simulasi komputer, sehingga siap dipergunakan oleh industri *garment* skala kecil-menengah.

Kesimpulan

Industri *garment*, dalam mengantisipasi perubahan, cenderung beroperasi dengan strategi *make to order*, berproduksi dengan lot yang kecil, dan berupaya meningkatkan efisiensi produksinya. Kriteria penting pada strategi *make to order* adalah akomodasi terhadap jenis dan jumlah pesanan konsumen, serta pemenuhan *due date*. Adapun efisiensi produksi pada industri *garment* diantaranya ditunjukkan oleh jumlah majun (*scraf*) yang dihasilkan. Pemenuhan terhadap ketiga kriteria dari strategi *make to order*, serta upaya peningkatan efisiensi produksi diantaranya dilakukan dengan membuat rencana pemotongan kain.

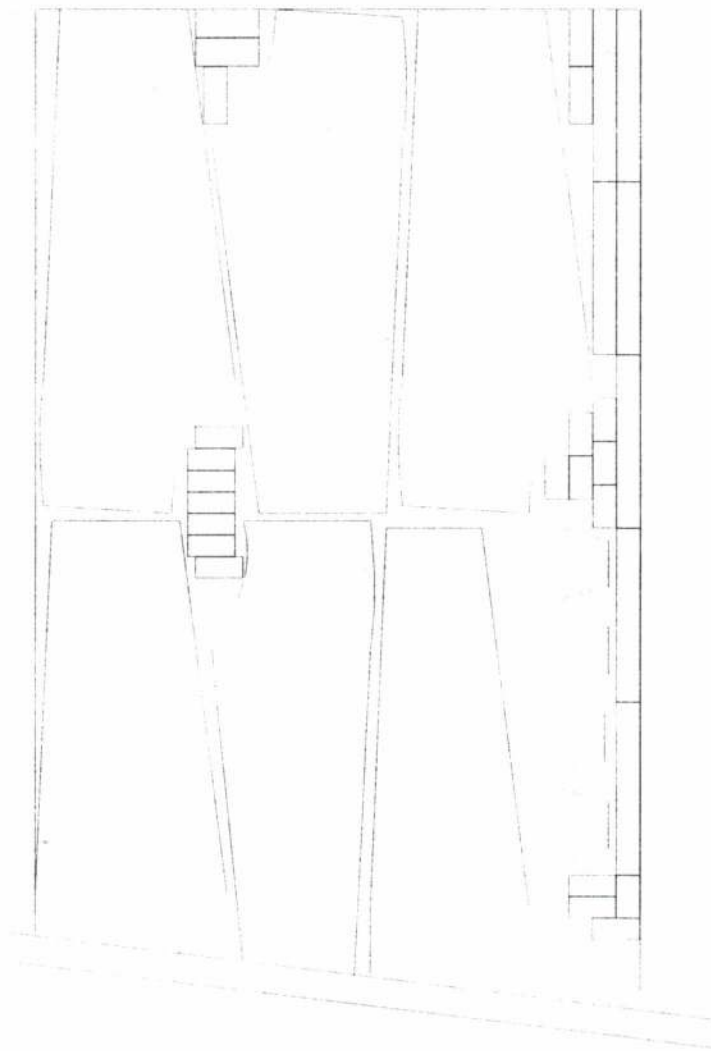
Algoritma yang dikembangkan memiliki kemampuan untuk meminimasi jumlah *scraf* (majun) yang dihasilkan, serta dapat mengakomodasi pesanan konsumen dari berbagai ukuran dengan tetap mempertimbangkan *due date* yang merupakan kriteria penting pada sistem manufaktur *make to order*.

Pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini adalah dengan menjadikan arah penempatan (vertikal/horisonal) sebagai fungsi pembatas, integrasi penentuan peletakkan pola pada kain master dan penentuan jumlah tumpukan, akomodasi terhadap *style* yang berbeda pada satu kain master, serta pengaruh perencanaan pemotongan kain terhadap persediaan produk jadi dan setengah jadi.

Daftar Pustaka

1. Bazaraa, M.S., J.J. Jarvis., H.Sherali. 1990. *Linear Programming And Network Flows*. John Wiley & Sons, New York.
2. Fogarty, Blackstone, Hoffman. 1991. *Production and Inventory Management*. APICS.
3. Grinde, R.B.,K. Daniels. 1999. Solving an Apparel Trim Placement Problem Using a Maximum Cover Problem Approach. *IIE Transaction*, 31, 763-769.
4. Jacobs, C., Blecha, J.C. Ammons, A. Schutte, T.Smith. 1998. Cut Order

- Planning for Apparel Manufacturing. *IIE Transaction*, 30,79-90.
5. Morton, T.E., D.W. Pentico. 1993. *Heuristic Scheduling System*. John Wiley & Sons, New York.
 6. Schroeder., R.G. 2000. *Operations Management*. Irwin McGraw-Hill, Boston.



Gambar 1. Ilustrasi penempatan panel dan trim

PENGONTROLAN KECEPATAN DAN ARAH PUTARAN MOTOR SERVO DC DENGAN BANTUAN PERSONAL KOMPUTER (PC) DAN INTERFACE

Oleh :
Haruman Wiranegara
Jurusan Teknik Mesin -Fakultas Teknik UNJANI

ABSTRAK

Personal Computer (PC) yang sekarang ini banyak digunakan untuk kebutuhan pengetikan atau penggambaran, bisa juga digunakan untuk keperluan pengendalian sebuah mesin, namun PC tersebut tidak dapat langsung digunakan, akan tetapi harus dilengkapi dengan perangkat-perangkat lain yang dikhususkan untuk mengendalikan mesin tersebut, kelengkapan itu antara lain adalah *hardware interface*, *software*, dan beberapa kelengkapan lain berupa komponen-komponen pada mesin yang dikendalikan oleh PC. Motor servo DC adalah salah satu penggerak yang banyak sekali digunakan pada sebuah mesin, untuk pengontrolan kecepatannya dapat digunakan PC sebagai perangkat pengendali.

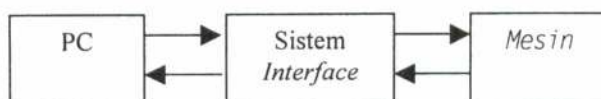
Pendahuluan

Untuk kebutuhan pengontrolan dengan PC ada dua bagian utama yang harus dilengkapi pada mesin tersebut yaitu : PC dan *Interface*. Untuk PC secara mudah kita peroleh, namun untuk *interface* kita harus merancang dahulu sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

Dalam disiplin ilmu rekayasa bahasan ini bisa dikembangkan lebih jauh dikarenakan peralihan dari mesin-mesin/instrumen yang digerakan secara manual menjadi dapat digerakan dan dikendalikan oleh PC atas dasar pengetahuan perancangan *interface*, dan juga bisa menjadi satu langkah yang lebih maju dalam disiplin ilmu rekayasa.

Interface Sebagai Perantara Antara PC dan Mesin.

Pertama kita lihat beberapa hal yang utama dalam pemahaman tentang *Interface* (antarmuka) sebagai penghubung antara PC dan mesin. Sebelumnya akan dilihat secara umum mengenai proses-proses pengendalian mesin dengan PC dilihat melalui diagram blok. Berikut ini adalah diagram blok proses masukan dan keluaran dari sebuah mesin yang dilengkapi dengan PC



Gambar 1. Diagram blok masukan dan keluaran dalam sistem mesin dan *Personal Computer* (PC)

Pada gambar 1. secara umum terlihat bahwa antara PC, sistem *interface*, dan mesin terdapat tanda anak panah yang menunjukkan adanya suatu proses masukan dan keluaran antar sistem alat, bila dilihat dari gambar diatas yang menjadi penengah atau pembatas antara PC dengan mesin adalah *interface*. Pada umumnya suatu mesin yang menggunakan PC pada proses kerjanya pada sistem alat itu terjadi adanya perubahan sinyal, pada gambar diatas peranan *interface* secara umum menjadi suatu fungsi perantara, disanalah terjadinya proses yang dinamakan perubahan sinyal.

Seorang operator mesin, menggunakan mesin yang dilengkapi dengan PC, akan mengoperasikan mesin dengan cara menjalankan PC dan membuat suatu instruksi-instruksi melalui sebuah *software* bahasa pemrograman. Bahasa pemrograman itulah yang nanti menjadi sebuah instruksi-instruksi. Instruksi-instruksi tersebut diolah dalam PC sedemikian rupa menjadi sinyal-sinyal tegangan digital.

Sinyal-sinyal tersebut kemudian dikirim dan diteruskan melalui *interface* untuk

diubah menjadi sinyal tegangan listrik analog, dimisalkan untuk menggerakkan komponen penggerak mesin tersebut memerlukan tegangan analog (Misalkan untuk motor servo DC).

Pada umumnya sinyal tegangan analog yang masih lemah untuk menggerakkan komponen penggerak yang berdaya besar, maka sebelumnya harus diperkuat dahulu tegangannya dengan penguat sinyal, kemudian baru bisa dikonsumsi tegangannya untuk menggerakkan motor DC sehingga semua transmisi mesin menjadi bisa bergerak.

Pergerakan tersebut menghasilkan respon posisi dan respon kecepatan aktual pada bagian yang diukur, dimana sensor-sensor ditempatkan. Akibat dari gerakan sensor karena transmisi yang bergerak mengakibatkan perubahan posisi dan kecepatan, dari sensor-sensor itu menghasilkan sinyal-sinyal tegangan listrik, sinyal-sinyal tersebut bisa berupa sinyal analog atau berupa pulsa-pulsa tergantung dari jenis sensor yang dipergunakan.

Sinyal-sinyal yang berupa sinyal analog ataupun pulsa-pulsa tersebut diteruskan melalui *interface* kembali. Masuknya sinyal analog dari sensor-sensor tersebut harus diubah kembali menjadi sinyal tegangan listrik digital, supaya bisa diproses atau dibaca oleh PC.

Adapun sinyal yang berupa pulsa-pulsa tetap harus melalui *interface* karena sinyal tersebut harus dihitung terlebih dahulu melalui sebuah sistem komponen penghitung yang dinamakan *counter*.

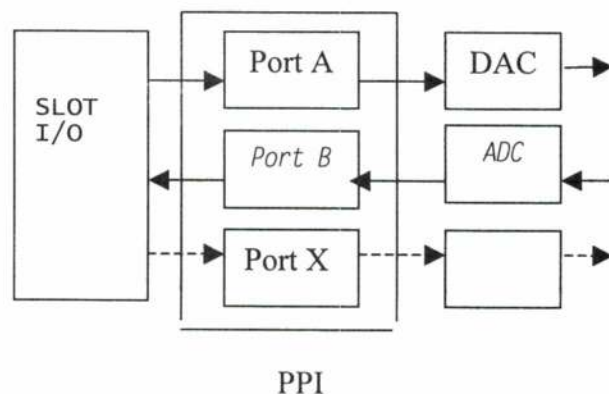
Sinyal-sinyal dari *interface* yang sudah berupa sinyal-sinyal digital, kemudian masuk dan diproses didalam PC. Proses tersebut berlangsung terus-menerus selama waktu pengoperasian mesin.

Hasil proses (*input*) didalam PC, dalam monitor PC akan terlihat berupa angka-angka desimal yang berubah-ubah. Angka-angka tersebutlah yang bisa dijadikan pegangan suatu posisi aktual dari transmisi tersebut, yang sebelumnya telah disesuaikan antara jumlah angka yang diperoleh dengan posisi dan kecepatan yang dicapai.

Dari uraian diatas jelaslah bahwa *interface* menjadi satu sistem penghubung atau yang menjembatani antara mesin dengan PC.

Diagram Blok *Interface* Pada Perancangan.

Untuk perancangan maka sebaiknya diperhatikan diagram blok komponen dalam sistem *interface*. Pada gambar 2. diperlihatkan bahwa slot ekspansi (I/O) yang menjadi penghubung langsung dengan *interface*. Pada kondisi keluaran sinyal dari slot ekspansi, sinyal tersebut masuk ke sebuah sistem yang berfungsi menuntun jalur yang dipilih instruksi program. Sistem itu dinamakan PPI (*programmable peripheral interface*). Pada PPI tersebut terjadi pengalamanan jalur-jalur port, instruksi yang keluar dari slot ekspansi kemudian dilewatkan pada salah satu jalur port yang dipilih misalnya port A bila jalur Port A dibuat sebagai jalur keluaran dari *interface* sebagai fungsi pengubah sinyal digital-



Gambar 2. Diagram blok rangkaian *interface*

ke analog, sinyal dari port A diubah menjadi analog melalui DAC (*digital to analog converter*) kemudian sinyal dari DAC diperkuat oleh *Op. Amp.* (*operational amplifier*), sebelum tegangan dipakai oleh komponen mesin yang memerlukan konsumsi tegangan yang lebih besar.

Pada kondisi masukan, yaitu sinyal-sinyal tegangan listrik yang masuk dari

komponen sensor masih relatif kecil, pada umumnya harus diperkuat dahulu oleh sistem penguat. Sinyal analog diteruskan untuk diubah menjadi sinyal digital bila jalur masukan itu sebagai jalur pengubah sinyal dari analog ke digital yaitu melalui ADC (*analog to digital converter*). Sinyal yang berupa digital dari jalur tersebut, kemudian diteruskan ke PPI kembali, dengan maksud agar dapat dipanggil oleh instruksi programnya sesuai dengan alamat portnya, kemudian diteruskan kedalam slot ekspansi.

Slot Ekspansi Pada PC

Untuk dapat membuat modul tambahan pada IBM-PC, kita harus mengetahui sinyal-sinyal yang tersedia dan harus digunakan. Pada IBM-PC, penambahan modul dapat digunakan dengan memasang modul yang ingin ditambahkan pada slot ekspansi. Berikut adalah nama-nama sinyal yang tersedia pada slot IBM-PC.

- A0-A19, *Output*, adalah alamat 20 bit dari mikroprosesor 8088.
- D0-D7, *Input/Output*, Delapan bit data dua arah dari mikroprosesor 8088.
- MEMR (*Memori Read*), *Output*, Sinyal ini merupakan keluaran dari bus *controller* (8288) yang menunjukkan operasi pembacaan memori.
- MEMW (*Memori Write*), *Output*, Sinyal ini merupakan keluaran dari bus *controller* (8288) yang menunjukkan operasi penulisan memori.
- IOR (*Input Output Read*), *Output*, Keluaran dari bus *controller* yang menunjukkan operasi pembacaan I/O.
- IOW (*Input Output Write*), *Output*, Keluaran dari bus *controller* yang menunjukkan operasi penulisan I/O.
- ALE (*Adress Latch Enable*), *Output*, Sinyal ini merupakan keluaran aktif tinggi yang menunjukkan bahwa alamat A0-A19 saat ini valid (bila ALE = 1). ALE pada IBM PC ini tidak dapat digunakan untuk *dimultipleks* alamat D0-D7 yang berasal dari slot ekspansi. Karena D0-D7 sudah tidak *dimultipleks* alamat.

- OSC (*Oscillator*), *Output*, Keluaran dari 8284A yang mempunyai frekuensi 14.31818 MHz.
- CLK (*Clock*), Keluaran dari 8284A yang digunakan untuk *clock* mikroprosesor.
- RESET DRV (*Reset Drive*), *Output*, Sinyal ini akan aktif ketika komputer pertama kali dihidupkan atau ditekan tombol reset.
- IRQ2-IRQ7, *Input*, Sinyal masukan yang dihubungkan langsung ke 8259 untuk mengaktifkan INTR pada 8088.
- DRQ1-DRQ3 (*DMA Request*), *Input*, Tiga masukan aktif tinggi yang digunakan untuk meminta siklus DMA (8237).
- DACK0-DACK3 (*DMA Acknowledge*), *Output*, Suatu sinyal jabat tangan dari DMA yang mengatakan telah diterimanya sinyal DRQ.
- I/O CH CK (*I/O Channel Check*), *Input*, Sinyal masukan aktif rendah yang memberikan indikasi kesalahan paritas pada data di memori atau I/O.
- I/O CH RDY (*I/O Channel Ready*), *Input*, Sinyal masukan aktif terendah pada pena ini akan memperpanjang siklus memori atau I/O (*wait state*). Sinyal ini tidak boleh dibuat lebih 10 siklus *clock*.
- AEN (*Adress Enable*), *Output*, Jika pena ini berlogika 1, berarti bus saat ini adalah bus DMA. Sedangkan bila berlogika 0 bus saat ini bus mikroprosesor.
- TC (*Terminal Count*), *Output*, Sinyal ini jika berlogika 1 menunjukkan bahwa DMA telah menjangkau terminal pada proses DMA.
- Power dan GND (+5V,+12V,-12V,15V,GND), Sinyal daya dan ground.

PPI 8255A Komponen Pendukung Pada Perancangan Interface.

Pada bahasa pemrograman mengenal adanya penulisan di alamat (*write*) atau pembacaan di alamat (*read*), port adalah nama jalur alamat tertentu yang terdapat dalam PPI, alamat-alamat tersebut berfungsi

sebagai jalur yang dipilih oleh sinyal masukan (*input*) atau keluaran (*output*) sehingga pada saat proses penulisan di-alamat tertentu, PPI bertugas meneruskan ke alamat yang dimaksud untuk ditulis.

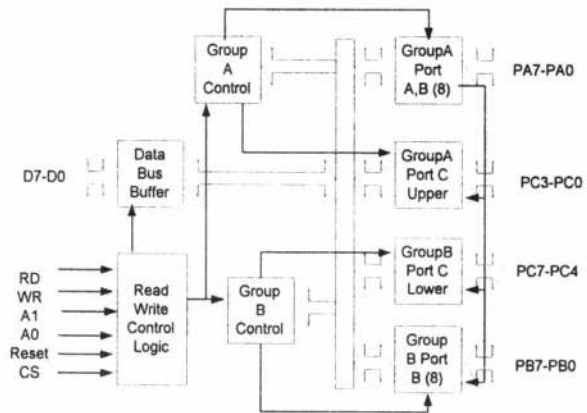
Pada saat proses pembacaan alamat, PPI bertugas menghubungkan alamat yang dimaksud untuk dibaca. Proses penulisan dan pembacaan ini adalah sebagai instruksi mengirim data atau menerima data. Untuk pembahasan masalah penulisan dan pembacaan akan dibahas berikutnya.

Salah satu PPI yang bisa dipakai dalam perancangan adalah Intel PPI 8255A, merupakan piranti *interface* I/O yang dapat diprogram untuk penggunaan dengan sistem komputer. Disebut *programmable* karena fungsinya dapat diatur berdasarkan perangkat lunak. Sebuah kata kendali yang dikirim ke piranti 8255A dapat mengatur 8255A melakukan mode operasi tertentu untuk melaksanakan tugas *interface* yang diperlukan.

Blok diagram dasar dari 8255A ditunjukkan oleh gambar 3. Piranti 8255A dihubungkan dengan sistem komputer melalui bus data dua arah (*bidirectional*) dan dikontrol oleh blok *read/write control logic* yang memiliki masukan-masukan kontrol sebagai berikut:

- CS : *Chip Select*, aktif rendah. Jika pin ini dalam keadaan tinggi, chip tidak dapat diakses (*disable*). Sebaliknya chip baru bisa diakses jika pin ini dalam keadaan rendah.
- RD : *Read*, saat pin ini aktif (pada keadaan rendah), menandakan adanya proses pembacaan data oleh komputer dari bus data. Pin ini dihubungkan dengan pin IOR pada slot PC.
- WR : *Write*, saat pin ini aktif (pada keadaan rendah), menandakan adanya proses penulisan data oleh komputer dari bus data. Pin ini dihubungkan dengan pin IOW pada slot PC.
- A0 dan A1: *Port select* 0 dan 1, menentukan akses ke salah satu dari tiga *register* kontrol yang terdapat pada PPI 8255A.

- Reset : Aktif tinggi, jika pin ini dalam kondisi tinggi, maka chip akan berada dalam keadaan reset.



Gambar 3. Diagram blok piranti 8255A intel.

Port I/O 8255A dibagi ke dalam tiga group, yaitu group A, B, dan C. Setiap group terdiri dari 8 bit, yang dapat dikonfigurasi oleh perangkat lunak dengan menggunakan kata kendali 8 bit.

PPI 8255A memiliki tiga mode operasi, yaitu mode 0, mode 1, dan mode 2. Mode 0 merupakan dasar mode operasi *input/output* yang memungkinkan operasi *input/output* satu arah untuk setiap port tanpa jabatan.

Seperti yang telah dijelaskan diatas bahwa komponen PPI ini berfungsi untuk meneruskan jalur-jalur alamat masukan dan keluaran ke jalur alamat yang dimaksud, dalam hal ini kita harus menentukan satu komponen PPI yang akan kita pergunakan. Dalam perancangan ini penulis memilih PPI8255A sebuah komponen PPI untuk kebutuhan merancang *interface* yang relatif banyak orang yang mempergunakan komponen ini serta mudah untuk memperolehnya karena banyak dijual di pasaran.

Untuk menggunakan dan memfungsikan komponen PPI 8255A ini dalam rangkaian antarmuka seorang perancang harus terlebih dahulu memahami sifat-sifat dari komponen ini melalui buku petunjuk yang menerangkan tentang komponen-komponen PPI

PPI 8255A merupakan piranti I/O serbaguna yang terdiri dari port A (1 byte), port B (1 byte), dan port C (4 bit port C atas dan 4 bit port C bawah). PPI 8255A dapat diprogram menyerupai tiga buah port I/O sederhana (mode 0), dua port I/O jabat tangan (mode 1), atau satu port I/O *bidirectional* dengan lima sinyal jabat tangan (mode 2). Mode-mode tersebut juga bisa digunakan secara bercampur (*intermixed*). Sebagai contoh, port A dapat diprogram untuk beroperasi dalam mode 2 sementara port B beroperasi dalam mode 0. Disamping itu juga terdapat mode bit *set/reset* yang memungkinkan bit-bit dari port C untuk di set atau reset untuk tujuan pengontrolan. Konfigurasi dan nama-nama pin PPI 8255A dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi nama pin PPI 8255A

D7-D0	BUS DATA (2 ARAH)
RESET	MASUKAN RESET
CS	CHIP SELECT
RD	MASUKAN BACA
WR	MASUKAN TULIS
A0-A1	PORT ALAMAT
PA7-PA0	PORT A (BIT)
PB7-PB0	PORT B (BIT)
PC7-PC0	PORT C (BIT)
VCC	+5 VOLT
GND	0 VOLT

Pemrograman PPI 8255A dapat dilakukan secara mudah, yaitu dengan memberikan sebuah kata kendali ke port kendali. Alamat untuk masing-masing port dapat dilihat pada tabel 2. (tentang operasi dasar 8255A).

Tabel 2. Operasi dasar PPI 8255A

A1	A0	RD	WR	CS	Operasi masukan
0	0	0	1	0	Bus data=port A
0	1	0	1	0	Bus data=port B
1	0	0	1	0	Bus data=port C
					Operasi keluaran
0	0	1	0	0	Bus data=port A
0	1	1	0	0	Bus data = port B
1	0	1	0	0	Bus data=port C
1	1	1	0	0	Bus data = kendali
					Fungsi disable

A1	A0	RD	WR	CS	Operasi masukan
X	X	X	X	0	Bus data=tiga keadaan
1	1	0	1	0	Kondisi ilegal
X	X	1	1	0	Bus data=tiga keadaan

DAC (*Digital to Analog Converter*).

Pada sistem elektronik banyak sekali alat-alat yang membutuhkan tegangan analog, sementara keluaran dari komputer merupakan tegangan digital. Untuk dapat mengendalikan alat lain yang membutuhkan tegangan analog, komputer memerlukan suatu penghubung dinamakan DAC (*digital to analog converter*). Gambar 4. adalah salah satu contoh IC DAC yang rangkaian internalnya menggunakan metode tangga R-2R. Nama-nama sinyal pada IC tersebut adalah :

- GND : Merupakan penghubung ground.
- V_{EE} : Harus dihubungkan ke tegangan negatif $-5V$ sampai $+15 V$.
- I_{out} : Arus hasil konversi sinyal masukan.
- D7-D0 :Masukan data digital yang akan dikonversi.
- V_{cc} : Dihubungkan ke sumber tegangan $+5V$.
- $V_{ref(-)}$ dan $V_{ref(+)}$: Tegangan referensi positif dan negatif.
- Kompensasi dihubungkan pada kapasitor untuk komponen frekwensi.

Gambar 4 adalah salah satu contoh penetapan IC DAC 0808 untuk menghasilkan tegangan keluaran yang sebanding dengan masukan digital yang diberikan.

Sinyal keluaran pada pena 4 merupakan arus yang besarnya tergantung pada nilai D7 sampai D0 dan arus referensi. Hubungan arus keluaran terhadap D7 sampai D0 adalah :

$$I_0 = V_{ref}/R_{14} \times R_0 (D7/2 + D6/4 + D5/8 + D4/16 + D3/32 + D2/64 + D1/128 + D0/256)$$

Arus referensi (V_{ref} / R_{14}) biasanya diatur agar bernilai 2 mA. Arus keluaran pada pena 4 dihubungkan ke rangkaian penguat inverting yang akan mempunyai tegangan keluaran sebesar :

$$V_0 = -I_f.R_0$$

Sehingga tegangan DAC akan mempunyai rumus

$$V_0 = I_0 \times R_0$$

$$= (V_{ref}/R_{14}) \times R_0 (D7/2 + D6/4 + D5/8 + D4/16 + D3/32 + D2/64 + D1/128 + D0/256)$$

Mari kita coba menghitung beberapa tegangan untuk arus referensi 2mA dan $R_0=5k\Omega$. Untuk data 1000 0000B didapat.

$$V_0 = 2mA \times 5k\Omega (1/2+0+0+0+0+0+0+0) = 5V$$

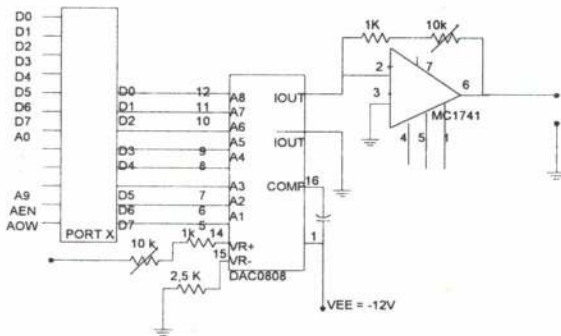
Jadi, pada bit MSB akan dihasilkan tegangan 5V. Untuk data 00000001B didapat.

$$V_0 = 1 mA \times 5k (0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 01/256) = 10/256 = 39mA$$

Jadi, pada LSB akan dihasilkan tegangan 39 mV. Bila seluruh bit bernilai 1(1111111B) didapat.

$$V_0 = 2 \times 5k. (1/2 + 1/4 + 1/8 + 1/16 + 1/32 + 1/64 + 1/128 + 1/256) = 10 \times 255/256 = 10 \text{ volt}$$

(pada prakteknya adalah 9.961V)



Gambar 4. Perantara DAC pada port output

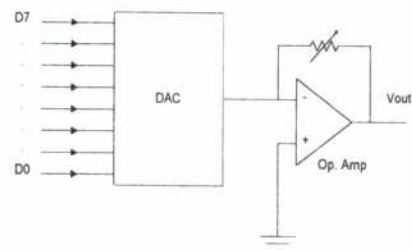
DAC 1408L.

Pada keperluan tertentu dalam rangkaian elektronik kadang diharuskan mengubah sinyal dari sinyal digital menjadi sinyal analog dikarenakan dua kondisi pengolahan yang berbeda, untuk itu diperlukan sistem komponen DAC. DAC adalah sebuah sistem komponen yang berfungsi mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog, dimana sinyal tegangan listrik keluaran dari komputer yang berupa digital harus diubah menjadi sinyal analog, misalkan untuk fungsi memutar motor penggerak. Untuk keperluan pada sebuah transmisi mesin DAC digunakan

pada jalur keluaran yang berfungsi sebagai jalur instruksi memutar motor servo DC.

Fungsi dari pengubah sinyal digital ke analog adalah mengubah data biner (digital) menjadi sinyal tegangan analog yang sebanding. Gambar 5 memperlihatkan sebuah rangkaian DAC dengan penguat operasional sebagai pengubah arus ke tegangan.

Hal yang perlu diperhatikan pada DAC adalah resolusi, tegangan keluaran skala penuh dengan waktu konversi. Resolusi merupakan spesifikasi terpenting dari DAC. Resolusi DAC bergantung pada jumlah bit-bit masukannya. Sebuah DAC 8 bit seperti gambar 5 memiliki 2^8 atau 256 tingkat keluaran yang mungkin, sehingga resolusinya adalah sebesar $1/256$ atau 0,39%.



Gambar 5. komponen DAC

Tegangan keluaran skala penuh dari DAC pada gambar diatas adalah tegangan yang keluar dari pin 6 penguat operasional jika seluruh bit masukan berlogika satu. Keluaran DAC pada skala penuh tidak akan sama dengan keluaran yang dikehendaki, yaitu akan berkurang sebesar $1/256$ -nya.

Waktu konversi yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu konversi sinyal digital menjadi analog.

Fungsi utama unit ini adalah untuk mengubah data digital yang dikirim oleh komputer menjadi data tegangan analog, sehingga data tersebut dapat digunakan untuk menggerakkan motor. Unit ini terdiri dari rangkaian DAC, buffer, dan latch data.

Komponen DAC yang digunakan yaitu DAC 1408L produksi motorola. DAC ini juga didukung oleh beberapa komponen lain

seperti penguat operasional, resistor dan kapasitor.

Buffer yang digunakan adalah jenis SN74125. Buffer ini diletakan diantara data digital yang dikirim ke DAC dengan terminal masukan digital DAC. Buffer ini berfungsi untuk menyangga data yang lewat sehingga data digital yang dikirim ke DAC tidak mengalami perubahan.

Chip SN 74125 berisi 4 buah buffer. Tabel kebenarannya adalah seperti yang ditunjukkan oleh tabel 3. latch data yang digunakan adalah jenis MC 14508 yang diletakan dimuka buffer SN74125. Tujuan pemasangan latch ini adalah untuk menahan dan menyimpan data lewat pada saat saluran kontrol dalam keadaan logika '0', Sedangkan dalam keadaan logika '1', data yang melewati latch ini diteruskan. Dengan adanya latch ini, maka perubahan input/output dari rangkaian interface PPI 8255A tidak mempengaruhi keadaan DAC 1408.

Tabel 3. Kebenaran buffer.

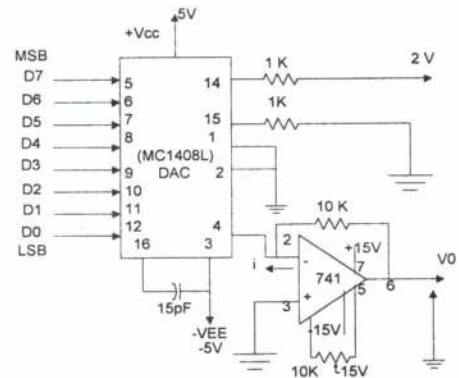
A	C	Y
0	0	0
1	0	1
0	1	Impedansi Tinggi
1	1	Impedansi Rendah

Gambar rangkaian piranti MC14508 adalah seperti yang ditunjukkan oleh gambar 6. Merupakan DAC 8 bit dengan sebuah keluaran untuk arus yang kemudian diubah menjadi tegangan dengan menggunakan sebuah penguat operasional pengubah arus ke tegangan.

Unit pengubah tegangan digital ke analog dirancang agar dapat menghasilkan tegangan keluaran analog positif dan negatif. Tujuannya agar unit ini dapat menggerakkan motor dalam dua arah, yaitu arah CW dan arah CCW. Dengan demikian sebelum keluaran DAC dihubungkan dengan penguat servo, keluaran DAC harus dihubungkan dulu dengan sebuah penguat diferensial. Setelah keluaran DAC dihubungkan dengan penguat diferensial maka tegangan

keluarannya dapat diatur berharga positif dan negatif untuk setiap kata digital tertentu yang dikirim ke DAC

Penguat diferensial yang dirancang diharapkan menghasilkan tegangan keluaran positif maksimum jika seluruh masukannya dalam keadaan logika '1' dan menghasilkan tegangan keluaran negatif maksimum jika seluruh keluarannya dalam keadaan logika '0' Sedangkan pada saat masukan DAC berupa data digital 128, keluaran dari penguat diferensial diharapkan berharga nol volt. Harga nol volt ini nantinya digunakan untuk menghentikan motor. Rangkaian penguat diferensial yang dirancang oleh seperti ditunjukkan oleh gambar.



Gambar 6. DAC 8-bit 1408L

Diagram blok keseluruhan unit pengubah tegangan digital ke analog yang direncanakan adalah seperti ditunjukkan oleh gambar 6.

Jika harga tegangan keluaran penguat diferensial yang diharapkan adalah ± 1 volt. Berarti V_x harus berharga 1 volt dan V_0 harus berharga 0V-2V. Hubungan rata V_{out} dan V_0 dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$V_{out} = (V_0 - V_x) \text{ Volt}$$

Dimana :

V_0 = Tegangan keluaran dari DAC

V_x = Tegangan referensi.

V_{out} = Tegangan keluaran penguat diferensial.

Jika $V_0 < V_x$, maka $V_{out} < 0$; Jika $V_0 = V_x$, maka $V_{out} = 0$

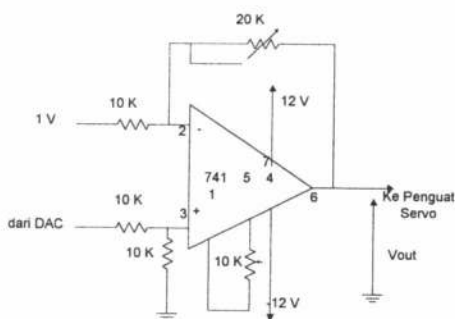
Rangkaian lengkap unit pengubah tegangan digital ke analog yang dirancang adalah seperti ditunjukkan oleh gambar 6. Keluaran unit ini nantinya langsung dihubungkan kepada masukan unit penguat servo.

Untuk keperluan ini kita harus memilih jalur untuk operasi penulisan, pada perancangan ini penulis memilih jalur PA0 s/d PA7 untuk keperluan perubahan sinyal digital ke analog. Kita memerlukan sebuah komponen DAC, untuk keperluan ini penulis menggunakan IC DAC 0808 atau MC 1408. Perhatikan gambar 6.

Instruksi Penulisan Alamat (*Write*).

Dalam bahasa pemrograman mengenal adanya istilah penulisan alamat dan pembacaan alamat, dimana instruksi penulisan dan pembacaan inilah yang nantinya akan menjadi suatu fungsi yang bermaksud memberikan instruksi atau menerima data antara PC dengan mesin

Tahap selanjutnya setelah memiliki perangkat keras *interface* maka kita harus



Gambar 7. Penguat diferensial op amp. 741

membuat program komputernya. Dalam pembuatan program komputer kita tidak lepas dari rangkaian yang telah dibuat dikarenakan alamat-alamat yang direncanakan sebelumnya harus diaplikasikan pada program yang kita buat.

Program komputer yang akan dibuat adalah dengan mempergunakan perangkat lunak (*software*) bahasa pemrograman Turbo Pascal Versi 7.00 dimana Turbo Pascal memiliki fasilitas untuk keperluan

ini. Dalam pembuatan program kita harus terlebih dahulu mempelajari lebih dalam mengenai pembuatan program-program dalam turbo pascal ditambah dengan mempelajari instruksi penulisan (*write*) dan instruksi pembacaan (*read*), dikarenakan dalam kebutuhan ini tidak hanya memerlukan teknik penulisan atau pemanggilan alamat saja melainkan kita juga harus dapat mengolah tampilan layar komputer, pengolahan rumus-rumus dan lain-lain, itu semua harus dikuasai terlebih dahulu.

Instruksi penulisan alamat artinya bahwa pada perangkat lunak bahasa pemrograman dibuat sebuah instruksi untuk mengirim data berupa angka heksadesimal ke alamat di PPI *interface*.

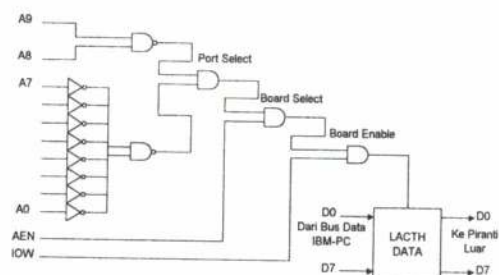
Alamat yang dimaksud kemudian di hubungkan dalam PPI sehingga terjadilah penyaluran sinyal melalui jalur pada alamat tersebut. Fungsi dari alamat ini adalah untuk pemilihan jalur keluaran didalam sistem *interface* kedalam komponen mesin.

Penulisan di alamat pada umumnya bermaksud untuk memberikan instruksi dari PC ke mesin, misalkan untuk memerintah agar motor berputar selama lima menit. Maka dengan instruksi yang dibuat sedemikian rupa dibuat dalam program komputer menghasilkan putaran motor selama lima menit.

Saat komputer akan melaksanakan operasi tulis, misalnya akan mengeluarkan data bilangan 81 H dengan alamat port keluaran 300H, instruksi bahasa pascalnya adalah:

Port[\$300]:=81;

Diagram blok dari rangkaian operasi tulis dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian operasi tulis

Kondisi jalur alamat, sinyal AEN, IOW, dan data adalah seperti ditunjukkan oleh tabel berikut:

A9	A8	A7	A6	A5	A4
1	1	0	0	0	0
A3	A2	A1	A0	AEN	
0	0	0	1	0	
D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	1

Karena kondisi *board write strobe* aktif, maka data akan keluar. Jika instruksi mengeluarkan data setelah selesai, *board write strobe* tak aktif dan jalur data akan tertahan pada kondisi bilangan 81 H sampai operasi tulis berikutnya diperintahkan.

Uji Jalur DAC

Pengujian selanjutnya yaitu pengujian jalur DAC. Pengujian dilakukan dengan cara melakukan pengukuran tegangan *output* dari jalur DAC dengan *multitester*. Pengujian ini bertujuan mengetahui apakah data I/O dari PPI 8255A telah tersalurkan dengan baik terhadap *Latch data*, *buffer* dan DAC.

Pengujian dilakukan dengan cara menjalankan program *write* pada alamat 300H dengan nilai *output* yang diubah-ubah. Bila pada *multitester* diketahui terjadinya perubahan tegangan analog *high-low* maka dapat dipastikan bahwa jalur DAC kita berfungsi dengan baik dan bila tidak terjadi perubahan *high-low* maka jalur DAC belum berfungsi. Pemeriksaan dilakukan dengan cara memeriksa kembali jalur data D0-D7 dari slot ekspansi, *Latch data*, *buffer* dan DAC.

Setting Sinyal Digital Ke Analog.

Tegangan keluaran dari keseluruhan unit ini diharapkan berharga antara -10V dan +10V. Data digital 255 yang dikirim ke port DAC diharapkan menghasilkan tegangan keluaran analog maksimum +10, V. Selanjutnya data digital 254 s/d 128 diharapkan akan menghasilkan tegangan analog yang harganya terus berkurang secara linier hingga berharga 0V saat data

digital yang dikirim ke port DAC berada pada harga 128. Sedangkan saat data digital 128 s/d 0 akan menghasilkan tegangan analog yang semakin negatif hingga akhirnya berharga -10 V saat data digital yang dikirim ke port DAC berada pada harga 0. Bagian dari unit pengubah tegangan digital ke analog yang harus dikalibrasi terlebih dahulu adalah rangkaian DAC dan rangkaian penguat *defferensial*.

Pertama-tama yang harus diperiksa saat mengkalibrasi rangkaian DAC adalah tegangan offset yang mungkin timbul pada *op-amp* yang digunakan. Jika ternyata terjadi tegangan offset, maka tegangan offset tersebut dapat dihilangkan dengan memutar VR2 sampai diperoleh tegangan offset sama dengan nol atau mendekati nol. Selanjutnya besarnya penguatan tegangan yang diinginkan dapat diatur dengan cara memutar *variable resistor* VR1. DAC diharapkan supaya menghasilkan tegangan keluaran analog yang harganya berkisar antara 0-2V. Tegangan keluaran analog 0V dihasilkan saat masukan DAC memperoleh masukan data digital 0, sehingga VR1 harus diatur/diputar supaya saat masukan digital DAC berupa data digital 0, keluaran analog DAC berharga 0V dan saat masukan digital DAC berupa data digital 255, keluaran analog DAC berharga maksimum 2V. Sedangkan VR2 berfungsi untuk menghilangkan tegangan offset yang mungkin timbul pada *op-amp* 1.

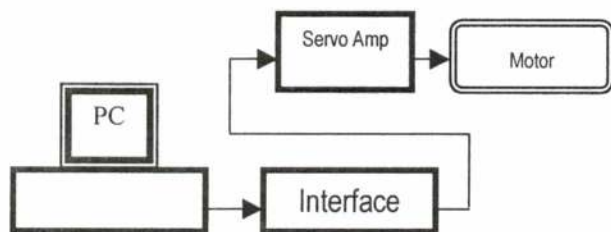
Penguat *defferensial* pada unit ini berfungsi untuk menghasilkan tegangan keluaran yang harganya berkisar antara +10V dan -10V. Pertama-tama yang harus dilakukan pada penguat ini adalah memeriksa apakah pada *op-amp* yang digunakan terdapat tegangan offset. Jika pada *op-amp* timbul tegangan offset, maka tegangan offset tersebut harus dihilangkan dengan cara memutar variabel resistor VR5 sampai diperoleh tegangan offset sama dengan nol atau mendekati nol. Selanjutnya yang harus dilakukan adalah mengatur penguatan tegangan penguat *defferensial* dengan cara memutar variabel resistor VR3 dan VR4. Penguat ini diharapkan supaya menghasilkan tegangan analog maksimum

+0,5 V saat masukan digital pada DAC berupa data digital 255. Kemudian saat masukan digital pada DAC berupa data digital 0, Keluaran penguat ini diharapkan berada pada tegangan minimum -10V. Sedangkan pada saat masukan digital DAC berupa data digital 128, keluaran penguat differensial ini diharapkan berharga 0V.

Pada kalibrasi yang telah dilakukan untuk unit pengubah tegangan digital ke analog. Kalibrasi data dihentikan setelah diperoleh tegangan keluaran maksimum mendekati harga +10V dan tegangan keluaran minimum mendekati harga sebesar -10 V. Hasil ini sudah memadai karena sudah mendekati harga yang diinginkan dan sudah dapat digunakan untuk menggerakkan motor. Setelah dikalibrasi selesai dilakukan, maka berarti unit ini siap untuk menerima perintah dari komputer dan juga siap untuk dihubungkan ke penguat servo. Perlu kita ketahui bahwa tidak selalu kita harus mensetting harga keluaran DAC sampai maksimum yang diterima *servo controller* namun pada prakteknya jika mengalami kesulitan dalam mensetting DAC maka kita cukup berorientasi pada kebutuhan.

Pemrograman Putaran Motor

Berikut ini kita lihat diagram blok penempatan sistem pengontrolan motor servo DC pada gambar 9.



Gambar 9. Pengontrolan putaran motor.

Pemberian instruksi pada program turbo pascal V-7 untuk menggerakkan motor adalah sebagai berikut :

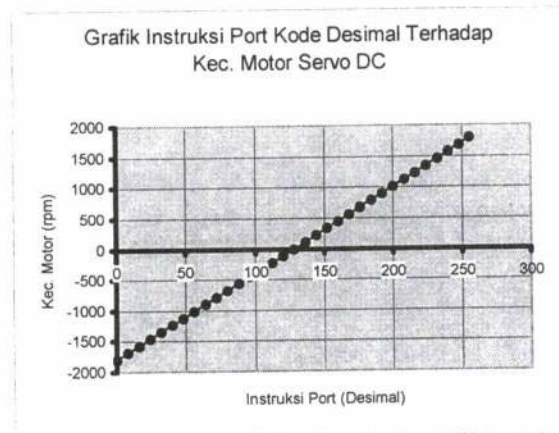
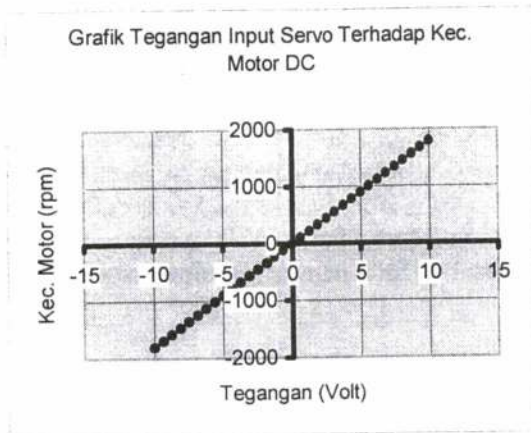
PORT[\$300]:={0 s/d 255}

{0 s/d 255} adalah nilai yang dapat diberikan pada program dan efek dari perubahan nilai tersebut adalah variasi putaran dan arah putaran yang berbeda. Sebagai contoh : PORT[\$300]:=128 adalah kecepatan 0 (motor tidak berputar). Pada tabel 4 adalah hasil pengujian motor servo DC terhadap instruksi yang diberikan program Turbo Pascal V-7.

Tabel 4 Hasil pengujian motor servo DC

INSTRUKSI PROGRAM TURBO PASCAL V-7	KODE (BINER)	KODE (DESIMAL)	TEGANGA N INPUT SERVO CONTROLL ER (VOLT)	KEC. PUTAR MOTOR SEVO DC (RPM)
PORT[\$300]:=\$0	0	0	-10	-1800
PORT[\$300]:=\$8	1000	8	-9.375	-1687.5
PORT[\$300]:=\$10	10000	16	-8.75	-1575
PORT[\$300]:=\$18	11000	24	-8.125	-1462.5
PORT[\$300]:=\$20	100000	32	-7.5	-1350
PORT[\$300]:=\$28	101000	40	-6.875	-1237.5
PORT[\$300]:=\$30	110000	48	-6.25	-1125
PORT[\$300]:=\$38	111000	56	-5.625	-1012.5
PORT[\$300]:=\$40	1000000	64	-5	-900
PORT[\$300]:=\$48	1001000	72	-4.375	-787.5
PORT[\$300]:=\$50	1010000	80	-3.75	-675
PORT[\$300]:=\$58	1011000	88	-3.125	-562.5
PORT[\$300]:=\$60	1100000	96	-2.5	-450
PORT[\$300]:=\$68	1101000	104	-1.875	-337.5
PORT[\$300]:=\$70	1110000	112	-1.25	-225
PORT[\$300]:=\$78	1111000	120	-0.625	-112.5
PORT[\$300]:=\$80	10000000	128	0	0
PORT[\$300]:=\$88	10001000	136	0.625	112.5
PORT[\$300]:=\$90	10010000	144	1.25	225
PORT[\$300]:=\$98	10011000	152	1.875	337.5
PORT[\$300]:=\$A0	10100000	160	2.5	450
PORT[\$300]:=\$A8	10101000	168	3.125	562.5
PORT[\$300]:=\$B0	10110000	176	3.75	675
PORT[\$300]:=\$B8	10110000	184	4.375	787.5
PORT[\$300]:=\$C0	10111000	192	5	900
PORT[\$300]:=\$C8	11000000	200	5.625	1012.5
PORT[\$300]:=\$D0	11001000	208	6.25	1125
PORT[\$300]:=\$D8	11011000	216	6.875	1237.5
PORT[\$300]:=\$E0	11100000	224	7.5	1350
PORT[\$300]:=\$E8	11101000	232	8.125	1462.5
PORT[\$300]:=\$F0	11110000	240	8.75	1575
PORT[\$300]:=\$F8	11111000	248	9.375	1687.5
PORT[\$300]:=\$FF	11111111	255	10	1800

List Program Turbo Pascal V.7



```

PROGRAM
Pengujian_Motor_servo_DC;
USES CRT;
VAR
I :integer;
BEGIN
I :=0;
clrscr;
repeat
INC(I);
PORT[$303]:=128;
PORT[$300]:=10;
WRITELN('MOTOR BERPUTAR 5 detik
kekiri');
delay(1000);
port[$300]:=1;
clrscr;
until I=1;
end.

```

Daftar Pustaka

1. Rizal Rizkiawan, 1997. Tutorial Perancangan Hardware 1, Elex Media Komputindo, Jakarta.
2. Rizal Rizkiawan, 1997. Tutorial Perancangan Hardware 2, Elex Media Komputindo, Jakarta.
3. Rizal Rizkiawan, 1997. Tutorial Perancangan Hardware 3, Elex Media Komputindo, Jakarta.
4. Douglas V. Hall, _Microprocessors and Interfacing, Programming and Hardware, McGraw-Hill
5. Dwihono, 1996. Rangkaian Logika, INDAH, Surabaya..
6. Data Sheet Book 4, 1997. Elex Media Komputindo, Jakarta.
7. Ediman Lukito, 1993. Belajar Sendiri Pemrograman Dengan TURBO PASCAL 7.0, Elex Media Komputindo, Jakarta.
8. Rusman Hakim, 1995. Belajar Sendiri Mengenal SISTEM KOMPUTER, Elex Media Komputindo.
9. Buku Manual: Instructions For Use Of Automatic Load-strain Controller Of Shimadzu Autograph AG-A Series
10. Electrical Maintenace Service Manual For Shimadzu Autograph AG-A Series.

EKSTRAKSI KHITIN DARI KULIT UDANG

Rosita – Wina Wibawa Arty – Mining Harsanti
Jurusan Teknik Kimia-Fakultas Teknik UNJANI

ABSTRAK

Usaha pemanfaatan limbah kulit udang sampai saat ini belum maksimal, padahal dalam kulit udang terdapat senyawa yang sangat bermanfaat yaitu khitin. Kandungan khitin dalam kulit udang pada umumnya sekitar 20 %. Khitin merupakan sumber polisakarida potensial dan mulai dikembangkan untuk aplikasi di bidang agrikultur, biomedis, farmasi, bioteknologi dan proses pemisahan dengan membran. Khitin adalah polimer alam sejenis polisakarida yang mempunyai berat molekul rata-rata $1,2 \cdot 10^5$ g/mol dan nama kimia 2 – Asetamida – 2 – deoksi – D – Glukopiranososa

Pada kulit udang, khitin bergabung dengan mineral dan protein dalam fasa padat. Untuk mendapatkan khitin maka campuran tersebut dipisahkan dengan cara ekstraksi dengan menggunakan pelarut cair (Ekstraksi Padat Cair). Pada proses ekstraksi ini terdapat reaksi demineralisasi dan reaksi deproteinasi. Kandungan mineral utama yang terdapat pada kulit udang adalah CaCO_3 , yang dapat dihilangkan dengan cara direaksikan dengan larutan HCl. Reaksi ini berjalan secara maksimum pada konsentrasi larutan HCl 1 M, temperatur operasi 70 °C, waktu reaksi 1 jam.

Setelah proses demineralisasi, kulit udang tersebut diharapkan hanya mengandung protein dan khitin. Ekstraksi dilanjutkan ketahap deproteinasi untuk menghilangkan protein yang banyaknya sekitar 28 %. Protein ini dapat dihilangkan dengan cara direaksikan dengan larutan NaOH. Reaksi berjalan secara maksimum pada konsentrasi larutan NaOH 4 M, temperatur operasi 70 °C, waktu reaksi 1 jam. Setelah melalui proses tersebut maka didapatkan khitin dengan perolehan sekitar 17,5%.

Pendahuluan

Perairan Indonesia mempunyai potensi yang cukup besar dengan berbagai jenis invertebrata seperti udang, lobster dan lain-lain, tetapi hanya sebagian kecil yang dimanfaatkan. Dari hasil tangkapan udang biasanya sekitar 60 – 70% yang dimanfaatkan sebagai bahan pangan sedangkan bagian lainnya seperti kepala dan kulit biasanya dianggap sebagai limbah. Di negara Indonesia udang merupakan salah satu komoditi ekspor yang volumenya cukup besar terutama dalam bentuk udang beku, biasanya dikirim dalam bentuk udang beku tanpa kepala dan udang beku kupas (tanpa kulit). Keadaan ini menimbulkan pencemaran lingkungan berupa bau yang tidak sedap karena kepala dan kulit udang yang tidak digunakan dibuang begitu saja.

Sebenarnya sebagian penduduk telah memanfaatkan limbah tersebut untuk makanan ternak karena banyak mengandung protein dan mineral, tetapi pemanfaatannya masih terbatas. Untuk menambah nilai guna, limbah udang dapat diproses secara kimia untuk menghasilkan

senyawa yang sangat bermanfaat dan akhir-akhir ini banyak digunakan di berbagai industri. Senyawa tersebut adalah khitin yang terdapat dalam kulit udang banyaknya sekitar 20%.

Tinjauan Umum

Khitin

Khitin ditemukan oleh *Braconot* pada tahun 1881 sebagai bagian tengah dari jamur yang tahan terhadap alkali. Nama khitin diberikan oleh *Oldier* yang berasal dari bahasa Yunani *Chiton* atau *Tunic*. *Tunic* dapat diartikan sebagai dinding sel dari jamur atau kutikula hewan. Khitin tersebar sangat luas dan terdapat dalam jumlah yang melimpah serta mempunyai berbagai macam struktur. Khitin merupakan bagian organik utama pada kerangka cacing palolo, kulit serangga, kulit kerang dan kulit telur. Menurut *Carrod* dan *Tom*, khitin yang diperoleh dari berbagai sumber mempunyai struktur yang sama.

Walaupun sumber khitin tersebar luas, sumber utama yang digunakan untuk pengembangan lebih lanjut adalah dari jenis udang.

Menurut *Van Wisselingh* adanya khitin dapat dideteksi dengan reaksi warna, pada cara ini Iodine – Kalium – Iodine bereaksi dengan asam sulfat yang akan mengubah warna bahan tersebut dari coklat menjadi merah violet. Perubahan warna ini menunjukkan reaksi positif adanya khitin. Khitin merupakan polimer terbanyak setelah selulosa merupakan polimer rantai panjang yang tidak bercabang dan mempunyai berat molekul rata-rata $1,2 \times 10^5$ g/mol serta mempunyai nama kimia poly-beta-N-asetat-D glukosamin atau nama lainnya 2-Asetamida-2-deoksi-D glukopiranosida.

Umumnya khitin tidak terdapat dalam keadaan murni tetapi bergabung dengan unsure lain. Pada udang, khitin bergabung dengan protein dan kalsium karbonat pada fasa padat. Karena campurannya dalam fasa padat, untuk memisahkan campuran tersebut menggunakan pelarut cair yang selanjutnya disebut ekstraksi padat cair.

Sifat-Sifat Khitin

Khitin merupakan suatu polimer khusus dengan ketidaklarutannya pada air, alkali pekat, asam dan pelarut-pelarut organik lainnya. Untuk melarutkannya diperlukan asam pekat yang kuat seperti asam sulfat (H_2SO_4), asam nitrat (HNO_3) dan asam fosfat (H_3PO_4). Khitin dapat dilarutkan dalam garam murni seperti Lithium pekat dan Kalsium Tiosianat tanpa menimbulkan struktur khitin. Salah satu sifat khitin yang lain adalah dapat mengikat ion logam seperti Fe, Cu, Cd, Mg dan dapat mengikat racun dan glukosa dalam tubuh.

Manfaat Khitin

Penggunaan khitin sangat luas dan keamanannya terjamin karena khitin merupakan hasil ekstraksi dari senyawa lain dan bukan dari bahan kimia sintetik. Khitin banyak digunakan di berbagai industri, diantaranya :

1. Industri tekstil dan kertas
 - Sebagai zat aditif,
 - Sebagai koagulan, penguspensi dan flokulan,

- Memperbaiki kekuatan basah dan kering pada pabrik tenunan.
2. Bidang pertanian, untuk mengurangi serangan cacing parasit tanah terhadap tanaman.
 3. Bidang industri pangan, untuk memurnikan minuman.
 4. Bidang kesehatan
 - Dapat menambal luka tanpa meninggalkan bekas,
 - Karena sifatnya kuat, dapat menyerat air dan dapat bergabung dengan jaringan tubuh lain sehingga baik untuk menyembuhkan luka bakar pada kulit,
 - Karena sifatnya nontrombogenik (tidak menggumpalkan darah) maka khitin dapat digunakan sebagai pengganti tulang rawan,
 - Sebagai agent anti tumor.
 5. Industri kosmetik
 - Sebagai pelindung rambut
 - Sebagai pembangun kekentalan dalam shampoo
 - Sebagai lapisan pelindung pada kulit
 6. Pengolahan air limbah, dapat menarik dan menghilangkan residu insektisida dan pencemar lainnya yang berasal dari minyak didalam air.

Ekstraksi Khitin dari Limbah Udang

Pada kulit udang selain mengandung khitin juga mengandung protein dan mineral dalam jumlah yang besar. Karena khitin selalu terdapat bersama-sama dengan komponen lain maka agak sulit mendapatkan khitin dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Pada proses pembuatannya khitin diperoleh dengan cara mengekstraksi bahan baku untuk memisahkan mineral (kalsium karbonat), protein dan komponen pengotor lainnya.

Ekstraksi pada pembuatan khitin meliputi tahap deproteinasi dan tahap demineralisasi.

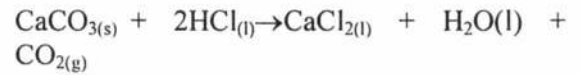
Tahap deproteinasi

Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan protein yang terdapat pada kulit udang yang besarnya mencapai 30%. Pada kulit udang protein berikatan secara kimia dengan khitin yang bergabung dengan kalsium karbonat. Untuk menghilangkannya kulit udang direaksikan dengan dengan larutan alkali yang akan masuk kedalam pori-pori kulit udang untuk memutuskan ikatan antara protein dengan khitin, kemudian protein akan larut dalam alkali. Pada proses ini hal yang paling penting adalah menetapkan kondisi yang tepat untuk ekstraksi sehingga dapat membebaskan protein dari ikatannya dengan khitin dan melarutkannya sebagai *alkaline proteinate*.

Tahap demineralisasi

Setelah tahap penghilangan protein, maka didalam kulit udang diharapkan hanya terdapat khitin dan mineral. Demineralisasi ini bertujuan

untuk menghilangkan mineral-mineral yang terdapat dalam kulit udang. Kandungan mineral utama pada kulit udang adalah CaCO_3 sedangkan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ yang terdapat dalam jumlah sedikit. Kedua mineral tersebut dapat dihilangkan dengan cara mereaksikan dengan larutan asam klorida. Reaksinya adalah :

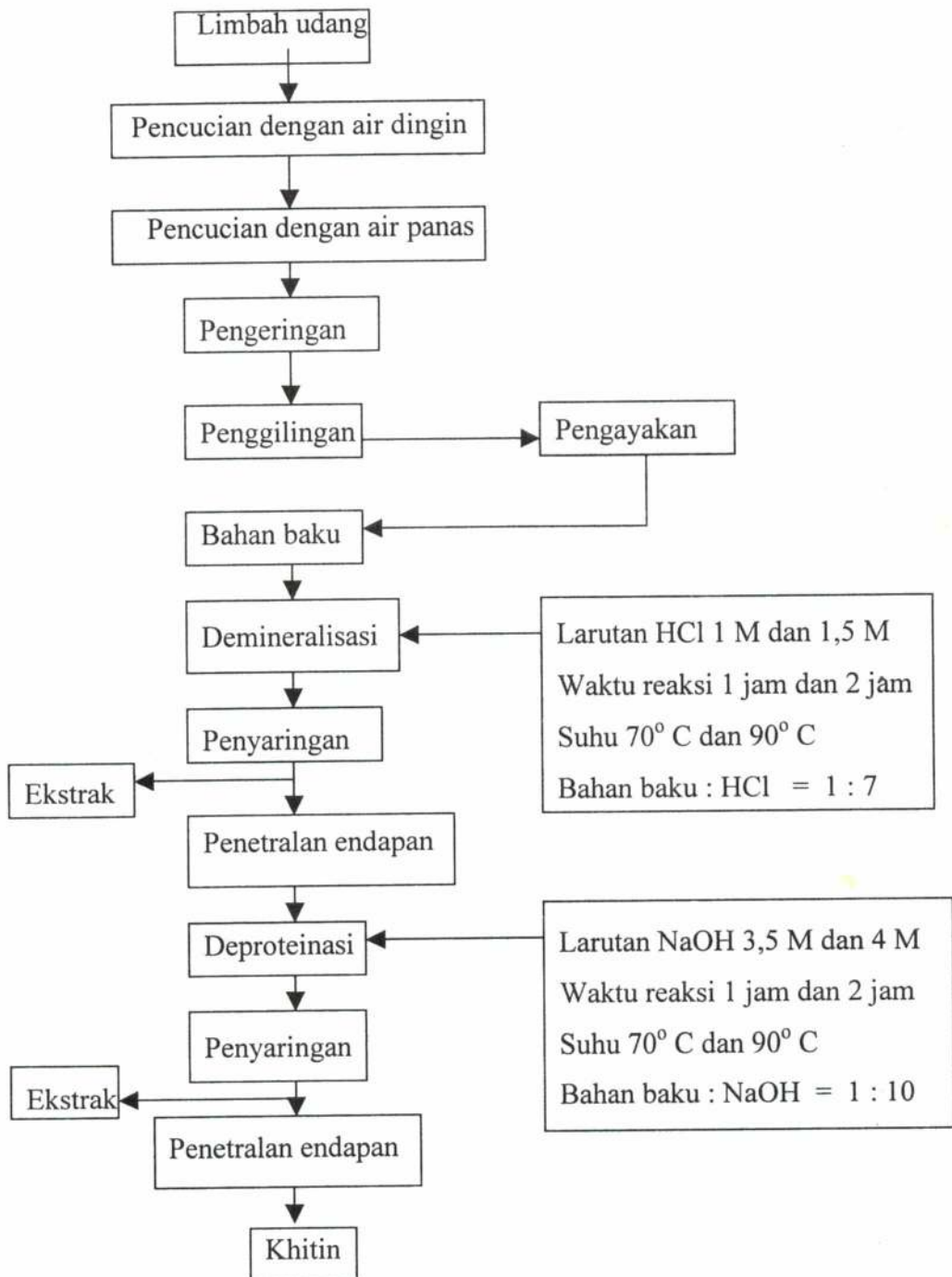


Terjadinya proses demineralisasi ini ditunjukkan dengan terbentuknya gas CO_2 yang berupa gelembung-gelembung udara pada larutan pengestrak.

Pelaksanaan Penelitian

1. Persiapan bahan baku
2. Pembuatan khitin
3. Analisa mutu khitin yang terdiri dari uji warna, uji kadar air, uji kadar abu dan penentuan derajatdeasetilasi

Diagram alir proses ekstraksi khiti



Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Khitin yang dihasilkan dari kulit udang melalui proses ekstraksi mempunyai perolehan sebesar 17,5 %. Kondisi proses optimum pada konsentrasi larutan pengestrak (larutan NaOH dan larutan HCl) 4 Molar dan 1 Molar, temperatur reaksi 70 °C dan waktu reaksi 1 jam.

2. Khitin yang dihasilkan mempunyai warna merah muda (warna putih), kadar air 9-14% (0-10%), kadar abu 0,5 - 7% (0-2%) dan derajat deasetilasi 44,5 % ($\geq 36,45\%$)

() Standar mutu khitin menurut SNI dan SII

Daftar Pustaka

1. Bailey, J.E. dan D.F. Ollis, *Biochemical Engineering Fundamental*, 1st ed., McGraw-Hill Inc., New York, hal. 112-117.
2. Elfriede Harder, 1997, " *Tinjauan awal proses pembuatan khitin dari kulit kerang dengan menggunakan bahan kimia teknis*", Laporan penelitian Fak. Perikanan, IPB
3. Purwatiningsih, " *Isolasi khitin dan senyawaan kimia*", Buletin Kimia No. 8, Jurusan Kimia, Fak. MIPA, IPB- Bogor
4. Treyball, Robert. E, 1985, " *Mass Transfer Operation* ", 3 rd ed, McGraw-Hill Bokk Company

KARAKTERISASI KONVEKS MELALUI PERTIDAKSAMAAN Matriks NON LINIER PADA ANALISIS STABILITAS KENDALI H_∞ UNTUK SISTEM NON LINIER

Oleh :

Asep Najmurokhman

Jurusan Teknik Elektro-Fakultas Teknik UNJANI

Abstrak

Pada makalah ini akan dipaparkan analisis stabilitas sistem non linier. Keberadaan fungsi Lyapunov yang menjamin stabilitas sebuah kelas sistem non linier dikarakterisasi dengan pertidaksamaan matriks non linier (PMNL) yang menghasilkan masalah kelayakan konveks. Sebuah contoh numerik diperlihatkan untuk memberikan kejelasan tentang metode yang dipaparkan pada makalah ini. Isu seputar tentang solusi pertidaksamaan matriks non linier akan dipaparkan.

In this paper, stability analysis of nonlinear systems is considered. Existence of Lyapunov function as stability guarantee for a class of nonlinear systems is characterized in terms of nonlinear matrix inequalities which result in convex feasibility problems. A numerical example will be shown for clarity this method. The issue of solutions to these nonlinear matrix inequalities is proposed.

Kata Kunci : Kendali H_∞ , Pertidaksamaan Matriks Non Linier, Stabilitas Asimtotik, Penguatan- L_2 , Karakterisasi Konveks

Pendahuluan

Sebuah kemajuan besar dalam teori kendali linier telah diperlihatkan di makalah [Doyle, J. C., et. al., (1989)] berupa penurunan solusi ruang keadaan pada masalah kendali optimal H_2 dan H_∞ . Penurunan yang dilakukan pada makalah tersebut didasarkan melalui cara-cara representasi teori kendali linier kuadratik dan kendali linier kuadratik gaussian seperti melengkapi kuadrat, persamaan Riccati, dan hubungan antara persamaan Riccati dengan matriks Hamilton [van der Schaft, (1992)].

Penyederhanaan karakterisasi ruang keadaan dari teori kendali H_∞ serta hubungannya dengan metode tradisional dalam kendali optimal seperti yang dipaparkan pada [Doyle, J. C., et. al., (1989)] memicu teoretisi kendali untuk memperumum hasil kendali H_∞ linier dalam ruang keadaan untuk sistem non linier [van der Schaft, (1992); van der Schaft, (1993); Lu, W.M., et. al., (1995); Yuliar, S., (1996)]. Penggunaan

istilah "kendali H_∞ non linier" hanya untuk memberikan arah penelitian (riset), karena lebih tepat disebut kendali penguatan- L_2 (L_2 -gain control), seperti dinyatakan pada [Lu, W.M., et. al., (1995); van der Schaft, (1992)]. Pada dasarnya, asumsi yang dipakai untuk memperumum konsep linier ke non linier adalah bahwa umpan balik keluaran dinamis dari pengendali H_∞ mempunyai struktur pemisahan (*separation structure*) [Ball, J.A., et. al., (1993)]. Dengan asumsi ini, syarat perlu dan cukup pada masalah kendali H_∞ agar dapat dipecahkan secara global atau lokal dikarakterisasi oleh pertidaksamaan atau persamaan Hamilton-Jacobi [Lu, W.M., et. al., (1995)]. Selanjutnya, sebuah pengendali lokal dirancang berdasarkan solusi lokal yang dihasilkan pada pertidaksamaan atau persamaan Hamilton-Jacobi. Sedangkan syarat perlu supaya ada solusi global adalah dengan membangun dua bentuk

pertidaksamaan Hamilton-Jacobi [Lu, W.M., et. al., (1995); van der Schaft, (1993)].

Pencarian solusi pada masalah kendali H_∞ non linier biasanya memakai prinsip geometri [van der Schaft, (1992); van der Schaft, (1993)]. Pendekatan yang dilakukan oleh van der Schaft untuk memecahkan persamaan Hamilton-Jacobi adalah dengan mencari hubungan persamaan tersebut dengan *invariant manifold* dari medan vektor Hamilton hiperbolik, sedangkan Isidori, et. al [Isidori, A., et. al., (1992)] memperluas hasil tersebut dengan menyimpulkan bahwa pengendali untuk kendali H_∞ non linier mungkin ditemukan apabila medan vektor Hamiltonnya tidak hiperbolik.

Dengan berkembangnya metode analisis dan sintesis sistem kendali dengan skema pertidaksamaan matriks linier [Apkarian, P., et. al., (1996); El Ghaoui, L., et. al., (2000)], makalah ini akan memaparkan suatu pendekatan alternatif dalam pemecahan masalah kendali H_∞ non linier dan mengkarakterisasi solusinya dengan kondisi konveks yang dinyatakan melalui pertidaksamaan matriks. Cara ini dimotivasi oleh hasil yang diperoleh pada kendali H_∞ bahwa masalah kendali H_∞ linier dapat dikarakterisasi sebagai masalah konveks (*convex characterization*) yang dinyatakan dengan pertidaksamaan matriks linier [Apkarian, P., et. al., (1996)]. Dengan demikian, konveksitas dari masalah kendali H_∞ non linier akan diuji dan kondisi solusinya dikarakterisasi dengan pertidaksamaan matriks yang disebut pertidaksamaan matriks non linier (PMNL) [Lu, W.M., et. al., (1995)].

Notasi yang digunakan dalam makalah ini cukup baku. \mathbb{R}^n menandai ruang real berdimensi- n , $\|G\| = \sqrt{G^T G}$ adalah norm Euclid, $L_2(\mathbb{R}^+)$ mendefinisikan ruang dari fungsi bernilai vektor $u : \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}^m$ sedemikian sehingga $\int_{\mathbb{R}^+} \|u(t)\|^2 dt < \infty$. Matriks $M = M^T > 0$ berarti matriks simetrik definit positif, $\mathbb{R}^{n \times m}$ menandai himpunan matriks real $n \times m$, sedangkan \mathbf{X} adalah himpunan seluruh variabel keadaan.

ANALISIS PENGUATAN- L_2 PADA SISTEM NON LINIER

Tinjau representasi sistem non linier berikut

$$G_1 : \begin{cases} \dot{x} = f(x) + g(x)w \\ z = h(x) + k(x)w \end{cases} \quad (1)$$

dengan $x \in \mathbb{R}^n$ adalah vektor keadaan, $w \in \mathbb{R}^p$ dan $z \in \mathbb{R}^q$ adalah vektor masukan dan keluaran. Fungsi f , g , h , dan k adalah fungsi kontinyu yang bernilai vektor atau matriks, serta $f(0) = 0$, $h(0) = 0$. Sistem berevolusi pada subhimpunan terbuka konveks $\mathbf{X} \subset \mathbb{R}^n$ yang mengandung titik asal. Dengan demikian, $0 \in \mathbb{R}^n$ adalah titik ekuilibrium sistem saat $w = 0$.

Bentuk khusus dari (1) adalah

$$G_2 : \begin{cases} \dot{x} = A(x)x + B(x)w \\ z = C(x)x + D(x)w \end{cases} \quad (2)$$

dengan $x \in \mathbb{R}^n$ adalah vektor keadaan, $w \in \mathbb{R}^p$ dan $z \in \mathbb{R}^q$ adalah vektor masukan dan keluaran. $A(x)$, $B(x)$, $C(x)$, dan $D(x)$ adalah fungsi yang bernilai matriks dengan dimensi yang bersesuaian. Definisi berikut memberikan identitas penguatan- L_2 pada sistem non linier.

Definisi 1. Penguatan- L_2 pada sistem non linier

Sistem (1) atau (2) dengan keadaan awal $x(0) = 0$ mempunyai penguatan- L_2 (L_2 -gain) kurang dari atau sama dengan γ untuk $\gamma > 0$ jika

$$\int_0^T \|z(t)\|^2 dt \leq \gamma^2 \int_0^T \|w(t)\|^2 dt \quad (3)$$

untuk semua $T \geq 0$ dan $w(t) \in L_2[0, T]$ sepanjang keadaan $x(t) \in \mathbf{X}$ untuk $t \in [0, T]$. Berdasarkan [W. M. Lu, et. al, 1995], sistem mempunyai penguatan- $L_2 \leq \gamma$, jika dan hanya jika ada sebuah fungsi $V : \mathbf{X} \rightarrow \mathbb{R}^+$ dengan $V(0) = 0$ (V disebut fungsi penyimpanan (*storage function*)) sedemikian sehingga

$$V(x(T)) - V(x(0)) - \int_0^T (\gamma^2 \|w(t)\|^2 - \|z(t)\|^2) dt \leq 0$$

dengan $w(t) \in L_2[0, T]$ dan $x(t) \in \mathbf{X}$ untuk $t \in [0, T]$.

Proposisi berikut memberikan karakterisasi penguatan- L_2 dalam bentuk pertidaksamaan mariks non linier (PMNL) untuk sistem non linier yang bersifat stabil asimtotik.

Proposisi 1. Karakterisasi konveks

Tinjau sistem G_1 dengan $R(x) = \gamma[I - \gamma^{-2}k^T(x)k(x)] > 0$. Sistem G_1 bersifat stabil asimtotik dan mempunyai penguatan- $L_2 \leq \gamma$, jika terdapat fungsi definit positif $V: \mathbf{X} \rightarrow \mathbf{R}^+$ sedemikian sehingga

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial V}{\partial x}(x)f(x) + \gamma^{-1}h^T(x)h(x) & \frac{1}{2} \frac{\partial V}{\partial x}(x)g(x) + \gamma^{-1}h^T(x)k(x) \\ \frac{1}{2} g^T(x) \frac{\partial V}{\partial x}(x) + \gamma^{-1}k^T(x)h(x) & \gamma^{-1}k^T(x)k(x) - \gamma I \end{bmatrix} < 0 \quad (4)$$

untuk seluruh $x(t) \in \mathbf{X}$.

Bukti :

Dengan argumen komplemen Schur (lihat lampiran), bentuk (4) dapat dituliskan menjadi

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial x}(x)f(x) + \gamma^{-1}h^T(x)h(x) - \left[\frac{1}{2} \frac{\partial V}{\partial x}(x)g(x) + \gamma^{-1}h^T(x)k(x) \right] \left[-\gamma I + \gamma^{-1}k^T(x)k(x) \right]^{-1} \times \\ \left[\frac{1}{2} g^T(x) \left(\frac{\partial V}{\partial x}(x) \right)^T + \gamma^{-1}k^T(x)h(x) \right] < 0 \quad (5) \end{aligned}$$

Pertidaksamaan (5) adalah bentuk pertidaksamaan Hamilton-Jacobi [Lu, W.M., et.al., (1995)]. Dengan notasi R , pertidaksamaan (5) dapat dituliskan menjadi (untuk menyederhanakan notasi, variabel x tidak dituliskan)

$$\frac{\partial V}{\partial x} f < -\gamma^{-1}h^T h - \left[\frac{1}{2} \frac{\partial V}{\partial x} g + \gamma^{-1}h^T k \right] R^{-1} \left[\frac{1}{2} g^T \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)^T + \gamma^{-1}k^T h \right] \quad (6)$$

Turunan fungsi V terhadap waktu berbentuk

$$\dot{V} = \frac{\partial V}{\partial t} = \frac{\partial V}{\partial x} \dot{x} = \frac{\partial V}{\partial x} \{f + gw\} = \frac{\partial V}{\partial x} f + \frac{\partial V}{\partial x} gw \quad (7)$$

Dari pertidaksamaan (6), maka

$$\dot{V} < \frac{\partial V}{\partial x} gw - \gamma^{-1}h^T h - \left[\frac{1}{2} \frac{\partial V}{\partial x} g + \gamma^{-1}h^T k \right] R^{-1} \left[\frac{1}{2} g^T \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)^T + \gamma^{-1}k^T h \right] \quad (8)$$

Bentuk lain (8) adalah

$$\begin{aligned} \dot{V} < -\gamma^{-1}h^T h + \frac{1}{2} \frac{\partial V}{\partial x} gw + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V}{\partial x} gw \right)^T - \left[\frac{1}{2} \frac{\partial V}{\partial x} g + \gamma^{-1}h^T k \right] R^{-1} \times \\ \left[\frac{1}{2} g^T \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)^T + \gamma^{-1}k^T h \right] \quad (9) \end{aligned}$$

Dengan menambahkan dan mengurangkan oleh $\gamma w^T w$ serta dari notasi $R = \gamma I - \gamma^{-1} k^T k$, pertidaksamaan (9) dapat dituliskan menjadi

$$\dot{V} < \gamma w^T w - \gamma w^T (\gamma^{-2} k^T k + \gamma^{-1} R) w - \gamma^{-1} h^T h + \frac{1}{2} \frac{\partial V}{\partial x} g w + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V}{\partial x} g w \right)^T - \left[\frac{1}{2} \frac{\partial V}{\partial x} g + \gamma^{-1} h^T k \right] R^{-1} \left[\frac{1}{2} g^T \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)^T + \gamma^{-1} k^T h \right] \quad (10)$$

Dengan melengkapkan kuadrat pertidaksamaan (10) melalui penambahan dan pengurangan oleh $\gamma^{-1} w^T k^T h$ dan $\gamma^{-1} h^T k w$, didapatkan

$$\dot{V} < \gamma w^T w - \gamma^{-1} (h + k w)^T (h + k w) - w^T R w + \gamma^{-1} w^T k^T h + \gamma^{-1} h^T k w + \frac{1}{2} \frac{\partial V}{\partial x} g w + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial V}{\partial x} g w \right)^T - \left[\frac{1}{2} \frac{\partial V}{\partial x} g + \gamma^{-1} h^T k \right] R^{-1} \left[\frac{1}{2} g^T \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)^T + \gamma^{-1} k^T h \right] \quad (11)$$

Karena $z(t) = h(x) + k(x)w(t)$, pertidaksamaan (11) dapat dituliskan menjadi

$$\dot{V} < \gamma \|w\|^2 - \gamma^{-1} \|z\|^2 - \left\| R^{-1/2} w - \gamma^{-1} R^{-1/2} k^T h - \frac{1}{2} R^{-1/2} g^T \frac{\partial V}{\partial x} \right\|^2 \quad (12)$$

dengan $R = (R^{1/2})^T R^{1/2}$ dan $R^{-1} = (R^{-1/2})^T R^{-1/2}$, sehingga

$$\dot{V} < \gamma \|w\|^2 - \gamma^{-1} \|z\|^2 \quad (13)$$

Bentuk (13) memperlihatkan bahwa sistem mempunyai penguatan- $L_2 \leq \gamma$. Untuk $w(t) = 0$, $\dot{V} < 0$, sehingga $V: \mathbf{X} \rightarrow \mathbf{R}^+$ merupakan fungsi Lyapunov. Dengan demikian, sistem G_1 bersifat stabil asimtotik.

Apabila ditinjau sistem non linier khusus G_2 , dan ambil bentuk $\frac{\partial V}{\partial x}(x) = 2x^T P(x)$ dengan $P(x) = P^T(x)$

: $\mathbf{X} \rightarrow \mathbf{R}^{n \times n}$ maka pertidaksamaan matriks (4) menjadi

$$\begin{bmatrix} x^T [A^T(x)P(x) + P(x)A(x) + \gamma^{-1}C^T(x)C(x)]x & x^T [P(x)B(x) + \gamma^{-1}C^T(x)D(x)] \\ [B^T(x)P(x) + \gamma^{-1}D^T(x)C(x)]x & \gamma^{-1}D^T(x)D(x) - \gamma I \end{bmatrix} < 0$$

Kondisi cukup agar PMNL di atas terpenuhi adalah

$$\begin{bmatrix} A^T(x)P(x) + P(x)A(x) + \gamma^{-1}C^T(x)C(x) & P(x)B(x) + \gamma^{-1}C^T(x)D(x) \\ B^T(x)P(x) + \gamma^{-1}D^T(x)C(x) & \gamma^{-1}D^T(x)D(x) - \gamma I \end{bmatrix} < 0 \quad (15)$$

untuk semua $x \in \mathbf{X}$.

Hasil di atas diperlihatkan pada teorema berikut.

Teorema 1.

Tinjau sistem G_2 yang diberikan pada (2). Untuk fungsi yang bernilai matriks $P(x) = P^T(x): \mathbf{X} \rightarrow \mathbf{R}^{n \times n}$, dua pernyataan berikut ekuivalen :

- (i) $P(x)$ memenuhi (15)
- (ii) $P(x)$ memenuhi

$$\begin{bmatrix} A^T(x)P(x) + P(x)A(x) & P(x)B(x) & C^T(x) \\ B^T(x)P(x) & -\gamma I & D^T(x) \\ C(x) & D(x) & -\gamma I \end{bmatrix} < 0 \quad (16)$$

untuk semua $x \in \mathbf{X}$.

Jika ada fungsi $V : \mathbf{X} \rightarrow \mathbf{R}^+$ sedemikian sehingga $\frac{\partial V}{\partial x}(x) = 2x^T P(x)$ maka sistem mempunyai

penguatan- $L_2 \leq \gamma$ dan bersifat stabil asimtotik.

Bukti :

Pertidaksamaan matriks (16) didapat dengan komplemen Schur pada PMNL (15). Pernyataan berikutnya dibuktikan pada proposisi 1.

Karakterisasi PMNL untuk sistem yang mempunyai penguatan- $L_2 \leq 1$ seperti diperlihatkan pada [Lu, W.M., et. al., (1995)] merupakan bentuk khusus dari karakterisasi di atas. Dengan mengamati teorema 1 maka dapat dinyatakan bahwa keberadaan fungsi $P(x)$ yang memenuhi PMNL di atas tidak cukup menjamin sistem mempunyai penguatan- $L_2 \leq \gamma$. Pada teorema tersebut, persyaratan tambahannya adalah terdapatnya fungsi definit positif $V : \mathbf{X} \rightarrow \mathbf{R}^+$ sedemikian sehingga $\frac{\partial V}{\partial x}(x) = 2x^T P(x)$. Dengan demikian, penguatan- $L_2 \leq \gamma$ untuk sebagian nilai

Contoh :

Tinjau sistem berikut :

$$\dot{x} = -\alpha(x)x + \begin{bmatrix} -\alpha(x) & \alpha(x) \end{bmatrix} w$$

$$y = \beta x + \begin{bmatrix} \beta & 0 \end{bmatrix} w$$

dengan $w = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix}$, $\alpha(x)$ merupakan fungsi kontinu positif ($\alpha(x) > 0, \forall x \in \mathbf{R}$), dan $\beta \in \mathbf{R}$. Dengan

memakai bentuk PMNL (16), maka karakterisasi PMNL sistem adalah

$$\begin{bmatrix} \beta^2 - 2\alpha(x)P(x) & \beta^2 - \alpha(x)P(x) & \alpha(x)P(x) \\ \beta^2 - \alpha(x)P(x) & \beta^2 - 1 & 0 \\ \alpha(x)P(x) & 0 & -1 \end{bmatrix} < 0 \quad (17)$$

Dengan menggunakan argumen komplemen Schur, bentuk PMNL (17) dapat dituliskan menjadi

$$\begin{bmatrix} \beta^2 - 2\alpha(x)P(x) + \alpha^2(x)P^2(x) & \beta^2 - \alpha(x)P(x) \\ \beta^2 - \alpha(x)P(x) & \beta^2 - 1 \end{bmatrix} < 0 \quad (18)$$

variabel tidak menyebabkan sistem aslinya (untuk semua $x \in \mathbf{X}$) mempunyai penguatan- $L_2 \leq \gamma$.

Definisi berikut memperluas hasil yang dinyatakan oleh [Lu, W.M., et. al., (1995)] untuk memberi identitas sistem yang memiliki penguatan- $L_2 \leq \gamma$.

Definisi 2. Kinerja H_∞ kuat

Sistem G_2 mempunyai **kinerja H_∞ kuat** (*strong H_∞ -performance*) jika ada fungsi definit positif $P(x) = P^T(x)$ yang memenuhi pertidaksamaan (15) atau (16) untuk seluruh $x(t) \in \mathbf{X}$ sedemikian sehingga

$$\frac{\partial V}{\partial x}(x) = 2x^T P(x) \text{ untuk suatu fungsi}$$

definit positif $V : \mathbf{X} \rightarrow \mathbf{R}^+$.

Dengan demikian, jika sistem mempunyai **kinerja H_∞ kuat**, sesuai dengan teorema 1, maka sistem mempunyai penguatan- $L_2 \leq \gamma$.

Dengan menerapkan komplemen Schur, PMNL (18) berlaku apabila

- (i) $\beta^2 - 1 < 0 \Rightarrow |\beta| < 1$
- (ii) $\{\beta^2 - 2\alpha(x)P(x) + \alpha^2(x)P^2(x)\} - (\beta^2 - 1)^{-1} \{\beta^2 - \alpha(x)P(x)\}^2 < 0$

Dengan kondisi (i) maka pertidaksamaan (ii) di atas dapat ditulis menjadi (variabel x tidak dituliskan)

$$(iii) [(\alpha P)^2 - 1] [\beta^2 - 2] < 0$$

Dengan syarat (i) maka pertidaksamaan (iii) berlaku apabila

$$(\alpha P)^2 - 1 < 0$$

atau

$$|\alpha P| < 1.$$

Karena $\alpha(x)$ merupakan fungsi kontinyu positif ($\alpha(x) > 0, \forall x \in \mathbb{R}$), maka pertidaksamaan (iii) dijamin berlaku apabila $P(x) < \alpha^{-1}(x)$. Dengan demikian sesuai dengan definisi 2, sistem memiliki kinerja H_∞ kuat untuk $P(x) < \alpha^{-1}(x)$.

Solusi Pertidaksamaan Matriks Non Linier

Pada bagian ini akan dipaparkan metode komputasional dalam analisis kinerja H_∞ . Sebagaimana dijelaskan pada bagian II, analisis kinerja H_∞ untuk sistem non linier *affine* (2) melibatkan pertidaksamaan matriks non linier (16). Sistem (2) bersifat stabil asimtotik apabila solusi PMNL (16) dihasilkan $P(x)$ yang bersifat definit positif untuk seluruh keadaan x pada himpunan \mathbf{X} yang didefinisikan. Hal ini menjadi masalah dimensi tak hingga (*infinite dimensional problem*).

Berdasarkan [Lu, W.M., et. al., (1995)], jika himpunan \mathbf{X} terbatas, maka hanya diperlukan beberapa persamaan matriks linier yang terhingga untuk mendapatkan solusi PMNL tersebut. Jika himpunan \mathbf{X} cukup kecil, maka akan didapatkan sebuah solusi konstan untuk PMNL tersebut dengan menggunakan ide pada [Boyd, S., et. al., (1994)].

Untuk lebih konkrit, perhatikan PMNL berikut

$$\begin{bmatrix} A^T(x)P(x) + P(x)A(x) & P(x)B(x) & C^T(x) \\ B^T(x)P(x) & -I & D^T(x) \\ C(x) & D(x) & -I \end{bmatrix} < 0 \quad (19)$$

dengan asumsi fungsi-fungsi bernilai matriks $A(x)$, $B(x)$, $C(x)$, dan $D(x)$ bersifat kontinyu pada himpunan \mathbf{X} . Matriks-matriks tersebut diasumsikan membentuk himpunan konveks

$$\Omega(x) \in \text{Co} \{ [A_i, B_i, C_i, D_i]_{i \in \{1, 2, \dots, L\}} \} \quad \forall x \in \mathbf{X} \quad (20)$$

untuk sembarang A_i, B_i, C_i, D_i dengan $I - D_i^T D_i < 0$ untuk $i \in \{1, 2, \dots, L\}$ dan L bilangan bulat positif. Co adalah singkatan dari *convex hull*.

Jika terdapat sebuah matriks definit positif konstan $P \in \mathbb{R}^{n \times n}$ sedemikian sehingga

$$\begin{bmatrix} A_i^T P + P A_i & P B_i & C_i^T \\ B_i^T P & -I & D_i^T \\ C_i & D_i & -I \end{bmatrix} < 0 \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, L\}$$

yang merupakan himpunan pertidaksamaan matriks linier yang dapat dipecahkan dengan metode optimisasi konveks [Boyd, S., et. al., (1994)] maka solusi P juga memenuhi

$$\begin{bmatrix} A^T(x)P(x) + P(x)A(x) & P(x)B(x) & C^T(x) \\ B^T(x)P(x) & -I & D^T(x) \\ C(x) & D(x) & -I \end{bmatrix} < 0$$

untuk seluruh $x \in \mathbf{X}$.

Dengan demikian, fungsi Lyapunov yang bersesuaian dengan stabilitas sistem (2) berbentuk $V(x) = x^T P x$.

Metode pencarian solusi PMNL di atas memberikan pendekatan yang baik untuk mendapat

solusi lokal. Tetapi, pendekatan ini memberikan hasil yang bersifat konservatif jika himpunan keadaan \mathbf{X} cukup luas.

KESIMPULAN

Pada makalah ini telah dipaparkan analisis stabilitas untuk sebuah kelas sistem non linier yang dikarakterisasi dengan pertidaksamaan matriks non linier (PMNL). Solusi PMNL yang menjamin solusi untuk masalah kendali H_∞ juga telah diuraikan. Sayangnya tidak seperti sistem linier, solusi PMNL tersebut tidak cukup untuk menjamin keberadaan fungsi Lyapunov yang menjamin stabilitas sistem secara global.

DAFTAR PUSTAKA

1. Apkarian, P., et. al., 1996. "LMI Techniques in Control Engineering from Theory to Practice : Workshop Note CDC 1996", Kobe, Japan.
2. Boyd, S., et. al., 1994. "Linear Matrix Inequality in System and Control Theory", SIAM Series, April, Philadelphia, USA.
3. Doyle, J. C., et. al., 1989. "State Space Solutions to Standard H_2 and H_∞ Control Problems", IEEE Trans. AC, vol. AC-34, pp. 831 – 846.
4. El Ghaoui, L., et. al., 2000. "Advances in Linear Matrix Inequality Methods in Control", SIAM Series, Philadelphia, USA.
5. Isidori, A., et. al., 1992. "Disturbance Attenuation and H_∞ Control via Measurement Feedback in Nonlinear Systems", IEEE Trans. AC, vol. AC-38, pp. 546 – 559.
6. Lu, W.M. and Doyle, J.C., 1995. " H_∞ Control of Nonlinear Systems : A Convex Characterization", IEEE Trans. AC, vol. AC-40, pp. 1668 – 1675.
7. van der Schaft, A.J. , 1992. " L_2 -Gain Analysis of Nonlinear Systems and Nonlinear State Feedback H_∞ Control", IEEE Trans. AC, vol. AC-37, pp. 770 – 784.
8. Yuliar, S., 1996. "Dissipative Systems Theory : Analysis and Synthesis", PhD Dissertation, Australian National University, Australia
9. _____, 1993. "Nonlinear State Space H_∞ -control Theory", Perspectives in Control. (eds. H.L. Trentelman and J.C. Willems), Birkhauser, Netherland.

Lampiran [Lemma Komplemen Schur] Misalkan sebuah matriks $M = M^T \in \mathbb{R}^{(n+m) \times (n+m)}$ dipartisi menjadi

$$M = \begin{bmatrix} A & B \\ B^T & C \end{bmatrix}$$

dengan $C \in \mathbb{R}^{m \times m}$ sebuah matriks non singular, maka $M > 0$ jika dan hanya jika

- $C > 0$
- $A - BC^{-1}B^T > 0$

Petunjuk desain hidraulik bendung dan pelimpah tipe gergaji (TIPE MDG)

Oleh :

H. Moch. Memed, IR, Dipl. HE, APU
Research Professor in Hydraulics
Jurusan Teknik Sipil-Fakultas Teknik UNJANI

Pendahuluan

Latar Belakang

Tubuh Bendung pada hakekatnya merupakan tembok atau dinding penahan air dan atau tanah yang dibangun melintang terhadap aliran sungai atau saluran.

Tubuh Bendung, sebagai komponen utama berbagai jenis Bangunan Air, antara lain berfungsi untuk meninggikan muka air, mengendalikan dasar sungai dan pergerakan sedimen serta untuk menampung muatan sedimen. Bagian atas bendung (disebut mercu bendung) harus dapat dilimpahi aliran air dengan aman.

Mercu bendung bersama dengan kedua tembok pangkal bendungnya dapat disebut sebagai *Pelimpah Bendung* yang berfungsi untuk mengalirkan air bila muka air di udiknya melebihi *elevasi mercu bendung atau mercu pelimpah minimum yang telah ditentukan sesuai dengan kebutuhan* ($=EL+Mb$).

Waduk yang berfungsi untuk menampung sejumlah volume air dengan menahan dan meninggikan muka air sungai sampai batas tertentu (mercu pelimpah), dengan komponen utamanya yaitu *Tubuh Bendungan*, memerlukan juga komponen utama yang lain berupa pelimpah.

Tubuh Bendung dapat dibangun sebagai Tubuh Bendungan pada Waduk merangkap sebagai *Pelimpah Waduk*

Pelimpah harus didesain sehingga dapat melewati Debit Desain Banjir Maksimum yang ditentukan ($=Q_f$).

Salah satu akibat pembangunan Waduk dan Bangunan Air yang dilengkapi Tubuh Bendung adalah terjadinya peninggian muka air di atas elevasi mercu ($=EL+Hu$) yang berlebihan yang dapat menimbulkan masalah utama berupa

bahaya banjir dengan masalah susulannya berupa masalah lingkungan (teknik, sosial, budaya, ekonomi dan sebagainya).

Makin tinggi peninggian air dari atas mercu bendung atau mercu pelimpah ($=Hu$), yang disebabkan pembendungan, makin besar pula masalah yang akan dihadapi. Dengan demikian secara teknis dalam desain harus ada usaha untuk dapat menurunkan elevasi air yang bermasalah banjir.

Adapun usaha yang biasa dilakukan oleh Desainer Bangunan Keairan, untuk menurunkan muka air banjir terutama untuk debit (Q_f) dimana elevasi ($EL+Mb$) telah ditentukan menurut Perencanaan dan Studi Kelayakan, yaitu dengan jalan memperlebar atau memperpanjang bentang mercu bendung atau pelimpah ($=B_p$) kesamping kanan dan kiri dengan alinyemen lurus atau dilengkungkan (Pelimpah Lurus atau Pelimpah Lengkung)

Dengan Pelimpah yang dilengkungkan maka dengan jarak lurus bentang bendung (jarak tegak lurus antara kedua tembok pangkalnya $=B_b$) yang sama dengan untuk Pelimpah yang lurus, maka *panjang Pelimpah* ($=B_p$) yang lengkung akan lebih besar dari B_p yang lurus, sehingga dengan semua debit limpah (Q) yang sama muka air diudik pelimpah ($=Hu$) akan lebih kecil termasuk untuk (Q_f) yaitu ($=H_{uf}$). Pelimpah Lengkung memanfaatkan ruang bukan kearah samping tetapi ke arah udik dan hilir aliran

Dengan panjang bentang spillway (B_p) yang relatif lebih lebar maka besar peninggian atau penurunan muka air ($=\partial H$) akibat peninggian atau penurunan besar debit (∂Q),

maka harga koefisien ($\partial H / \partial Q$) akan relatif lebih kecil pula.

Harga ($\partial H / \partial Q$) yang relatif kecil sangat menguntungkan untuk eksploitasi Pembangkit Listrik Tenaga Air, Pompa dan pengaturan debit Irigasi dengan memperoleh harga (∂H) yang relatif kecil seta mengurangi bahaya *rapid draw down* dengan bahaya susulannya.

Pelimpah atau Bendung tipe Gergaji lengkap dengan spesifikasi tekniknya yang dikenalkan disini merupakan tipe alternatif dengan konsep yang khusus, yang dapat digunakan dalam mendesain Pelimpah Waduk dan Bendung, dengan beberapa kelebihan dibanding dengan pelimpah lurus konvensional atau yang dilengkungkan biasa saja.

Keuntungan yang lain dan *persyaratan* digunakannya tipe Gergaji tersebut akan dipaparkan selanjutnya

Konsep dasar desain Bendung atau Pelimpah tipe Gergaji dan perkembangannya

- Untuk memperoleh penurunan harga (Huf) yang besar maka perpanjangan lebar pelimpah dilakukan dengan mengubah alinyemen lengkung dengan *alinyemen zig-zag berbentuk gigi gergaji yang tajam pada dua sisinya*
- Bentuk zig-zag gigi gergaji yang teratur dimensinya ini diambil untuk memudahkan pencarian perumusan hubungan antara parameter geometri konstruksi dengan parameter aliran
- Dalam rangka memperoleh bentuk konstruksi yang *stream line* dan memperoleh *dimensi hidraulis dan struktur yang optimal* maka pelimpah bentuk gigi gergaji tajam ditumpulkan dengan memotong kedua ujung runcingnya. Meskipun gigi gergajinya ditumpulkan nama tipe tetap dipertahankan yaitu Bendung atau Pelimpah dengan tipe GERGAJI,

Konsep Pelimpah Gigi Gergaji ini mulai diterapkan pada bangunan *High Head Tank* (dipakai untuk alat penstabil debit yang dialirkan ke model) dilaboratorium Hidraulika dengan inovasi untuk mendapatkan harga ($\partial H /$

∂Q) yang kecil untuk memperoleh ketelitian pengukuran dalam percobaan / penelitian pengaliran yang tinggi. Laboratorium itu adalah laboratorium Hidraulika LPMA yang baru dan modern pada saat itu (di desain tahun 1970).

Konsep pelimpah gigi Gergaji dengan *satu buah yang gigi ditumpulkan*, disarankan dan telah diterapkan pada desain spillway Waduk Way Rarem. Pertimbangan yang mengharuskan dipakainya pelimpah Gergaji untuk Way Rarem tersebut disebabkan terdapat masalah dilapangan, bahwa medan yang tidak cukup tempat untuk membangun Spillway Lurus. Selain menggunakan spilway lengkung yang relatif tajam, dihilir spillway Way Rarem ini diterapkan pula peredam enersi dengan tipe baru "*Double Stilling Basin*".

Kedua gagasan baru itu didesain melewarti pemantapan atau penyempurnaan konsep dengan penelitian hidraulis) dengan model (*Model Investigation*) di laboratorium tersebut diatas

- Penelitian dengan model dalam rangka memperoleh *rumusan dan optimasi* terus dikembangkan, sedangkan pengajuan saran penerapan tipe Gergaji di lapangan diusahakan berlanjut. Dan telah diterapkan antara lain untuk Pelimpah Waduk Way Raem, Bendung Ciwadas (dibangun di saluran pembuang, keperluan pengembangan tambak udan TIR), Waduk Palasari (satu gigi) Bangunan Bagi dan Pengambilan di Kali Malang untuk PDAM Jaya, Pelimpah banjir dari Sediment trap BUB, Spillway waduk Kalola – Gigi -Satu (sulawesi Selatan), BUB Tami dan BUB Kalibumi (di Irian Jaya), pelimpah Waduk Sermo (Yogyakarta) dan Bendung Mansahang -Toilli (Sulawesi Tengah)

Pengertian umum berkaitan dengan bendung atau tubuh bendung dan pelimpah

1) Tubuh Bendung :

Ditinjau dari segi struktur, tubuh bendung atau yang biasa disebut bendung pada hakekatnya, ciri, fungsi dan penggunaannya:

- a. Kerusakan konstruksi dinding yang dibuat melintang terhadap aliran di sungai atau saluran (bisa konstruksi

tetap = *bendung tetap* dan bisa berupa *bendung gerak*)

- b. Konstruksi penahan air, pergerakan sedimen dan tanah
- c. Melalui mercu atasnya dapat melimpah aliran air yang dapat membawa muatan sedimen dan sampah.

- d. Tubuh Bendung diperlukan sebagai komponen utama dari berbagai jenis Bangunan Air
- e. Fungsi tubuh bendung pada umumnya merupakan Komponen Utama dari beberapa jenis Bangunan Air.

Tabel 1

Bangunan Air yang memerlukan Tubuh Bendung dan Pelimpah tipe Gergaji	Maksud dan Tujuan (Fungsi)	Gejala bermasalah yang timbul yang harus diperhitungkan dalam dalam Desain dan diantisipasi	
Bangunan Utama Bendung <i>River / Long storage</i>	Meninggikan dan menyadap air sungai atau saluran	<ol style="list-style-type: none"> 1. Banjir limpas dan genangan 2. Agradasi 3. Arah aliran 4. Aliran samping 5. Meandering 6. Braiding 7. Muatan sedimen 8. Seepage = uplift pressure dan perkolasi 9. Benturan, kikisan dan gesekan batu 	<ol style="list-style-type: none"> 10. Kavitasi 11. Penambahan Enersi potensil dan kinetis 12. Terjunan dan pengerusan stempat 13. Undermined 14. Longsoran tebing 15. Rapid draw down 16. Degradasi dasar sungai di hilir 17. Sampah 18. Tekanan dan beban
Bangunan Terjun	Meninggikan dan melandaikan aliran		
Bangunan Penahan Salinitas (<i>salinity barrier</i>)	Meninggikan muka air di udiknya dan menahan air garam		
Check-dam, Bottom Controller atau Bendung Konsolidasi	Mengendalikan dasar sungai, menahan laju sedimen		
Pelimpah Kantong lahar dan Dam Sedimen	Menahan laju dan menampung sedimen		
Pelimpah Waduk	Melimpahkan banjir		
Pelimpah Samping di Sungai atau di Saluran	Melimpahkan debit yang berkelebihan		
Bagian atas Pintu Pelimpah	Melimpahkan air		

2) *Pelimpah:*

Pelimpah atau Spillway merupakan bagian dari Bangunan Air untuk melimpahkan aliran diatasnya atau dibawahnya.

3) *Desain Hidraulis:*

Melakukan Desain berarti menuangkan **niat** untuk membangun (dalam hal ini Bangunan Air dengan segala Kelengkapan dan Peralatannya) kedalam *Gambar Teknis dan Nota-Nota*, menentukan *besaran-besaran* lokasi, alignyemen, dimensi vertikal dan

horizontal yang mempengaruhi dan dipengaruhi sifat dan perilaku hidraulis (keairan)

Desain Hidraulis merupakan dasar untuk mampu melanjutkan tahap desain selanjutnya yaitu Desain Struktur dan Desain Fundasi / Konstruksi Tanah serta Peralatan

4) *Petunjuk Desain:*

Berisi Aturan dan Peraturan untuk Desain khusus dalam hal ini bila Tubuh Bendung dan Pelimpah tipe Gergaji akan dipakai dalam Desain

5) *Tubuh Bendung dan Pelimpah tipe Gergaji:*

Merupakan tubuh bendung dengan alternatif jenis atau tipe khusus yang dikenalkan dengan ciri-ciri dan ketentuan serta catatan sebagai berikut:

- Harus memenuhi Ketentuan dan Persyaratan yang berlaku umum untuk Desain Tubuh Bendung yang berlaku dan memenuhi Persyaratan khusus diberlakukan untuk Tipe Gergaji

Output Desain dan Tahapan Desain

a. *Output Desain* yang harus disampaikan adalah

- (1) Gambar-gambar Teknis
- (2) Nota Penjelasan Desain

b. *Tahapan Desain Bangunan Air:*

- (1) Konsep

- Bentang tubuh bedung atau pelimpah tidak lurus seperti bendung atau pelimpah yang konvensional (bentang lurus)
- Dalam arah denah, bentang bendung berbentuk gigi gergaji yang ditumpulkan dikedua ujungnya.
- Ketentuan Dimensi hdraulis diperoleh dari hasil serangkaian Penelitian Hidraulis Dengan Model yang sistematis terhadap Konsep (inovasi)

(2) Pra Desain Hidraulis

(3) Desain Hidraulis diperoleh dengan dasar Pra Desain Hidraulis, yang kalau dianggap perlu disempurnakan melalui serangkaian Penelitian dengan Model (Model Test)

(4) Desain Struktur Atas dan Fundasi /Geoteknik serta Alat-Peralatan yang diperlukan

Desain tahap ini harus berdasarkan Desain Hidraulis

Diskripsi dan Notasi Dimensi Hidraulis Tubuh Bendung dan Pelimpah tipe Gergaji

1. Komponen dan fungsi Tubuh Bendung Gergaji:

Tabel 2

No	Komponen Tubuh bendung	Fungsi Komponen tubuh Bendung
1	Mercu Pelimpah Bendung	Bagian atas tubuh bendung
2	Pelimpah Bendung	Profil basah penyalur / pelimpah debit sungai atau saluran dibatasi mercu, pangkal bendung
3	Pangkal Bendung	Tembok pembatas sisi pelimpah bendung
4	Tembok sayap udik	Pengarah arus dari udik dan perkuatan tebing
5	Tembok sayap hilir	Pengarah arus ke hilir bendung dan perkuatan tebing
6	Lantai udik bendung	Penangkal bahaya seepage- bawah
7	Lantai dihilir Mercu Pelimpah	Lantai Ruang Olakan di hilir mercu pelimpah bendung
8	Ambang Tubuh Bendung	Perletakkan Tubuh Bendung
9	Peredam Enersi atau Ruang Olakan Bendung	Pencegah bahaya penggerusan setempat dihilir bendung

2. Notasi Dimensi Hidraulis Konstruksi

Tabel 3

No	Dimensi Hidraulis Konstruksi	Notasi
1	Lebar bendung= Jarak lurus antara Pangkal-Bendung	= Bb
2	Panjang Gigi gergaji tidak dipancang (runcing)	= Lgr
3	Panjang Lgr yang optimal	= Lgo=0.5 Bb
4	Panjang Lgr yang optimal terpancung	= Lg = 0.5 Lgo
5	Panjang Pelimpah Bendung	= Bp
6	Jumlah Gigi dalam bentang Bendung	= Ng
7	Elevasi Mercu Pelimpah (Bendung)	= EL+ Mb
8	Elevasi Lantai Udik	= EL+ Hlu
9	Elevasi Lantai dihilir Mercu Pelimpah	= EL+ Hli
10	Elevasi Invert Peredam Enersi Bendung Gergaji	= EL+ Dsp
11	Elevasi dasar sungai / saluran diudik bendung	= EL+ Hsu
12	Elevasi Dasar sungai / saluran dihilir Peredam Enersi	= EL+ Hsi
13	Tinggi tubuh bendung diudik lantai udik	= Pu
14	Tinggi tubuh bendung di hilir lantai hilir	= Pi

3. Notasi dan Dimensi Hidraulis Parameter Aliran

Tabel 4

No	Parameter Aliran	Notasi	Untuk Desain
	Debit yang dialirkan random Qb	= Qb	
1	Debit untuk Desain kriteria aman Banjir	= Qf	✓
2	Debit untuk Desain kriteria aman penggerusan	= Qp	✓
3	Elevasi muka air sungai diudik Pelimpah Bendung pada (= Qd)	= EL+ Hu	
4	Elevasi muka air sungai pada Qdf diudik Pelimpah Bendung	= EL+ Huf	✓
	Elevasi muka air sungai di hilir Bang. Pelimpah Bendung Gergaji pada debit random Qd	= EL+ Hi	
5	Elevasi muka air sungai di hilir Bangunan Pelimpah Bendung Gergaji pada debit Qf	= EL+ Hsif	✓
6	Elevasi muka air sungai di hilir Bangunan Pelimpah Bendung Gergaji pada debit Qp	= EL+ Hsip	✓
7	Elevasi muka air di hilir mercu Pelimpah Bendung Gergaji pada debit Qf	= EL+ Hif	✓
	Elevasi muka air di hilir mercu Pelimpah Bendung Gergaji pada debit random Qd	= EL+ Him	

No	Parameter Aliran	Notasi	Untuk Desain
8	Elevasi muka air di hilir mercu Pelimpah Bendung Gergaji pada debit Q_p	= $EL+ Himp$	✓
	Tinggi air di bendung dari atas mercu Bendung pada debit random = Q_d	= Hu	
9	Tinggi air di udik Bendung dari atas mercunya (Q_f)	= Huf	✓
10	Tinggi air di hilir mercu Pelimpah dari dari lantai hilir pda Q_f	= $Himf$	✓
	Tinggi air di hilir bendung dari atas dasar sungai dengan debit random (Q)	= Hi	
11	Tinggi air di hilir bendung dari atas dasar sungai (Q_f)	= Huf	✓
12	Tinggi air di hilir bendung dari atas dasar sungai (Q_p)	= Hup	✓
	Tinggi terjun (=Z) dengan debit random Q_d antara $EL+ Hu$ dan $EL+ His$	= Zo	
13	Tinggi terjun (=Z) antara $EL+ Himf$ dan $EL+ Hif$)	= Zgf	✓
14	Tinggi terjun antara $EL+ Himp$ dan $EL+ Hipsf$	= Zgp	✓
15	Catatan: Debit Q_d digunakan untuk percobaan aliran dengan model sedangkan Debit Q_f dan Q_p harus ditentukan terlebih dahulu untuk desain hidraulis		

4. Gambar tipikal Desain Hidraulis Bendung / Peimpah Tipe Gergaji

Dapat dilihat dari Lampiran Gambar

5. Material untuk Tubuh Bendung / Peimpah Tipe Gergaji

Tubuh bendung tipe Gergaji dapat dibuat dari material beton bertulang atau kombinasi denga pasangan tembok dengan perletakkan serta fundasi dari beton atau pasangan atau kombinasi

Tubuh bendung bagian atas juga dapat dibuat dari konstruksi baja yang prefab dipasang ditempat, untuk memudahkan pelaksanaan

DESAIN HIDRAULIS BENDUNG ATAU PELIMPAH TIPE GERGAJI dan SPESIFIKASI TEKNIS UNTUK HASIL PENELITIAN HIDRAULIS DENGAN MODEL

1. Menentukan Dimensi hidraulis dan Perhitungan Hidraulis Tubuh Bendung atau Pelimpah tipe Gergaji:

- Desain berarti menentukan jenis, tata letak dan ukuran hidraulis struktur Bendung / Pelimpah

Perhitungan-perhitungan dilakukan dengan menggunakan Spesifikasi Teknis Bendung Gergaji berupa grafik-grafik atau rumus-rumus hasil dari penelitian hidraulis dengan model

- Lebar B_d** harus didesain bersama dengan **Huf** maksimum yang diizinkan untuk besar Debit Desain Banjir (= Q_f) yang telah ditetapkan terlebih dahulu dengan mempertimbangkan antara lain:

- Tinggi $Hudf$ akan mempengaruhi tinggi Bendungan dan luas

- genangan yang akan mengganggu lingkungan, Dekzerk, Tanggul Penutup, Tanggul Banjir, Tanggul saluran (pada Waduk, BUB, Bangunan Pengendali Sedimen, Bangunan Pelimpah dan sebagainya)
- 2) Untuk Bangunan Air di badan sungai, lebar Bd dapat lebih besar dari lebar alur dominan sungai (=Bap) atau dapat diambil lebih kecil dari Bap misalnya bila sebahagian alur sungai akan dipergunakan untuk pengalihan aliran pada periode pelaksanaan.
 - 3) Kesimpulan harga Huf yang akan menentukan Bd !
- c. Jumlah gigi Gergaji yang optimal (= Ngo) dalam bentang Pelimpah atau Bendung selebar (= Bd)
- Pergunakan **Grafik (MDG - 4)**
 - Buat lengkung debit untuk Qdf, hubungan antara Hu dan jumlah gigi
- d. Ukuran panjang gigi gergaji runcing yang optimal **Lgro=1.0 Bb** (untuk 2 gigi) lihat **Grafik MD - 1**
- e. Ukuran gigi gergaji ditumpulkan dihilir yang optimal sebesar **Lgi = 0.25 Lgro = 0.25 Bb** (untuk 2 gigi) Lihat **Grafik MD - 2**
- f. Ukuran gigi gergaji ditumpulkan diudik yang optimal sebesar **Lgu = 0.25 Lgro = 0.25 Bb** (untuk 2 gigi) Lihat **Grafik MD - 3**
- g. Maka dari butir edan f diperoleh panjang gigi Gergaji yang dipancang dan masih memperoleh penurunan Hu dari Huo yang optimal = **Lgo = 0.50 x Bd**
- h. Penentuan (perhitungan) **Huf** untuk penentuan keamanan kriteria banjir pada debit desain Qdf dapat diperoleh dengan mengevaluasi **Grafik MD - 4**
- i. Penentuan elevasi dan panjang lantai udik (EL.+ Hus dan Lu) didasarkan perhitungan Seepage - Perkolasi - Uplift terhadap fundasi Bendung dengan Ruang Olakannya
- j. Penentuan elevasi lantai yang berad tepat dihilir Tubuh Bendung (= EL.+ Hlim), yang memberikan harga elevasi muka airnya EL.+ Himf pada Qf dengan pertimbangan tentang keamanan kapasitas pelimpah (kesempurnaan aliran) versus kekuatan konstruksi tembok Tubuh Bendung. Makin tinggi EL.+ Hlim, makin kuat struktur tubuh bendung, namun sebaliknya kesempurnaan aliran dan pemecahan enersi dihilir tubuh bendung makin tidak baik
 - k. Perhitungan elevasi muka air diatas lantai Hlim (= EL.+ Himf) yang aman ditinjau dari kesempurnaan aliran pada Qf
 - l. Perhitungan EL.+ Himp untuk debit Desain Qp dan Zimis = EL.+ Himp - EL.+ Hip serta Hip pada Qdp dalam rangka desain / perhitungan dimensi Ruang Olakan Ls, Ds, a, dan 2a)
 - m. Penentuan tentatif tebal dan Fundasi Tubuh Bendung, yang kemudian harus dihitung dari segi keamanan struktur
2. **Ketentuan yang harus diketahui terlebih dahulu untuk mendesain Tubuh Bendung dan Pelimpah**
- a. Lokasi dan alinyemen sumbu bendung atau pelimpah ditentukan dengan kriteria seperti yang biasa digunakan dalam desain pelimpah waduk dan Bangunan Air di sungai. Lokasi tentatif diambil dari dokumen Perencanaan Pengelolaan Sumberdaya Morfologi Sungai
 - b. Debit Desain Bajir (= Qf) dengan elevasi muka air dihilir Bangunan EL.+ Hisf untuk perhitungan kapasitas pelimpah
 - c. Debit Desain Penggerusan / Pengendalian sungai (= Qp) dan Hip
 - d. Elevasi mercu bendung atau pelimapah EL.+ Mb

EL.+ Mb ditentukan berdasar tinggi pembendungan yang diperlukan oleh jenis Bangunan Air yang memerlukan Tubuh Bendung atau Pelimpah sebagai komponen utamanya dalam memenuhi fungsinya

3. Ringkasan Penelitian hidraulis dengan model Bendung / Pelimpah tipe Gergaji

a. Dua macam jenis penelitian bendung / pelimpah Gergaji yang selama ini telah diselenggarakan yaitu:

- Penelitian tipikal sistematis pada saluran percobaan segi empat dua dimensi
- Penelitian lengkap dengan model Bangunan Utama Bendung tiga dimensi

b. Penelitian / Percobaan pengaliran terhadap model-model bendung gergaji yang diletakkan pada saluran segi empat selebar $Bd = 1.00$ m

1) *Percobaan dengan Model Bendung Gigi-Gergaji Runcing (GGR) dengan kode Seri O - 2Gr dimana pada saluran dipasang dua buah GGR, dengan maksud untuk:*

(1) Memperoleh Lengkung debit hubungan antara Lg / Bd dengan tinggi muka air di udik Bangunan Pelimpah GGR ($=Hu$) untuk berbagai harga debit percobaan random Qd

Hasil : Lihat **Grafik MDG - 1**

(2) Mencari harga Lgr yang optimum ($= Lgro$) memberikan penurunan Huo yang optimum (bukan maksimum) dari grafik MDG - 1

Hasil: **$Lgro = 0.50 \times Bd$**

2) *Percobaan pemancungan terhadap kedua ujung Gigi-Gergaji Runcing (dengan $Lgro$ yang telah optimal $Lgro = Bd$) maksud untuk:*

(1) Mengoptimasi panjang pelimpah dengan memperpendek panjang

pelimpah bagian ujung udik dan hilir yang berbentuk segi-tiga yang runcing menjadi tumpul, dengan harapan tinggi muka air Hu masih cukup (optimal) rendah dibandingkan dengan Huo

(2) Memperpendek fundasi tubuh bendung

Hasil percobaan:

- Dengan ujung yang runcing sebelah hilir dipotong sepanjang $\pm 0.25 Lgro$, maka penambahan Hu tidak banyak

Lihat **Grafik MDG - 2**

- Dan dengan ujung yang runcing sebelah udik dipotong sepanjang $\pm 0.25 Lgro$, maka penambahan Hu tidak banyak pula

Lihat **Grafik MDG - 3**

- Maka dengan pemotongan bagian runcing sebelah udik dan hilir total sebesar **$Lg = \pm 2 \times 0.25 Lgro = 0.50 \times Bd$** , maka peninggian kembali Hu dari untuk $Lgro$ (dibandingkan dengan Huo untuk bendung lurus), dapat dilihat dari lengkung debit hasil percobaan berikutnya

3) *Percobaan pengaliran mengalirkan berbagai debit Qd , dengan variabel jumlah gigi (sudah ditumpulkan) : $Ng = 1, 2, 4, 8$ dan ∞ (bendung lurus) dalam bentang bendung selebar Bd*

Tujuan percobaan:

(1) Memperoleh lengkung debit hubungan antara Qd dengan Hu untuk variasi Ng tersebut

Hasilnya dapat dilihat pada **Grafik MDG - 4**

- (2) Dari **grafik MDG - 4** tersebut diatas dapat dibuat Grafik Lengkung yang menyatakan hubungan antara Jumlah gigi Ng dengan HU untuk besar debit Qd tertentu (misalnya untuk Qdf atau Qdp)

Dari Grafik terakhir ini dapat ditentukan jumlah gigi Ng berapa yang dapat memberikan Hu yang masih optimal

Lihat contoh hasil evaluasi Grafik **MDG - 4** terakhir ini untuk suatu debit Qdf pada lampiran **Grafik MDG - 4A**

- (3) Catatan:

- Bendung / Pelimpah gergaji yang ditumpulkan tetap dinamakan Bendung atau Pelimpah tipe Gergaji, mengingatkan kepada idea awal untuk mencari perumusan dari peri laku dimensi gigi gergaji yang teratur dan sederhana
- Untuk jumlah gigi **dua** buah dalam lebar Bd maka **$Lg = \frac{1}{2} Bd$**
- Untuk jumlah gigi **satu** buah dalam lebar Bd maka **$Lg = \frac{1}{1} Bd$**
- Untuk jumlah gigi **tiga** buah dalam lebar Bd maka **$Lg = \frac{1}{3} Bd$**
- Untuk jumlah gigi **empat** buah dalam lebar Bd maka **$Lg = \frac{1}{4} Bd$**
- Untuk jumlah gigi **Ng** buah dalam lebar Bd maka **$Lg = \frac{1}{Ng} Bd$**
- Untuk jumlah gigi **Ng = ∞** buah dalam lebar Bd maka

$Lg = \frac{1}{\infty} Bd \approx 0$ (untuk Pelimpah Lurus)

- d. *Percobaan pengaliran dengan Model memasang jumlah gigi Ng = 1, 2, 4 8 dan ∞*

(Seri 4 - 1G, Ser5 - 2G, Seri6 - 4G, Seri7 - 8G dan Seri8 - ∞ G)

Percobaan pengaliran untuk masing-masing Seri ini dilakuka seperti untuk yang terdahulu

Hasil percobaan berupa Lengkung-Lengkung Debit yang menyatakan hubungan antara Hu dan Qd untuk Pelimpah lurus, Gigi 8, Gigi 4, Gigi 2 dan Gigi 1

KELEBIHAN DAN PERSYARATAN DESAIN BENDUNG DAN PELIMPAH TIPE GERGAJI

1. Kelebihan Bendung dan atau Pelimpah tipe Gergaji dibandingkan dengan yang konvensional

- a. Untuk Qd dan Bd yang sama harga Hu untuk bendung Gergaji lebih rendah dari Huo (untuk bendung Lurus)
- b. Dengan Hu yang bisa ditekan lebih rendah, maka tinggi Pangkal Bendung dan Pelimpah, tinggi Bendungan, Tanggul penutup, dan Tanggul Banjir diudik Bangunan Air yang bersangkutan menjadi lebih rendah. Hal ini akan meningkatkan keamanan struktur dan penurunan biaya pembangunan
- c. Makin kecil harga Hu, maka luas penggenangan diudik Bangunan akan menjadi jauh lebih kecil, mengurangi gangguan terhadap komponen lingkungan
- d. Dengan Hu yang rendah, dikombinasikan dengan adanya pintu bilas, bendung tipe Gergaji cocok digunakan didaerah pedatarn rendah, sebagai pengganti Bendung Gerak. Tanggu penutup dan tanggul banjir akan bisa diperendah.

U

e. Dengan tipe Gergaji peninggian atau penurunan H_u akibat fluktuasi perubahan debit ($\partial H / \partial Q$) menjadi lebih kecil; Elevasi muka air diudik Pelimpah Gergaji relatif konstan. Hal ini sangat menguntungkan untuk:

- pembangkitan tenaga dengan turbin (Pembangkit Listrik Tenaga Air)
- memperoleh pemasokan debit yang relatif konstan melalui Intake-ambang (*Overflow Intake*)
- mengurangi bahaya *rapid draw down* yang berpengaruh terhadap gejala longsoran tebing dan kerusakan tembok-perkuatan tebing

f. Aliran dari udik akan merata melalui bentang bendung Gergaji

g. Endapan diudik bendung tidak mengurangi kapasitas pelimpahan

h. Koefisien pengaliran tidak terpengaruh oleh besar radius mercu pelimpah

i. Pertambahan enersi potensial akibat pembendungan, akan diredam dengan sangat baik diruang olakan yang berda tepat dihilir mercu pelimpah. Air terjun dari mercu akan saling bertabrakan dan enersi terjunan akan diperlemah

j. Peredam enersi dihilir Bangunan Bendung yang diperlukan untuk menanggulangi penggerusan tidak ditentukan oleh tinggi H_u diudik bendung tetapi oleh muka / tinggi air dihilir mercu pelimpah ($EL.+ H_{im}$)

Tinggi terjun ($=Z$) yang diperhitungkan untuk menentukan dimensi Peredam Enersi Bangunan Bendung:

- adalah $Z_{gp} = EL.+ H_{imp} - EL.+ H_{sip}$, untuk bendung tipe Gergaji
- bukan $Z_{udp} = EL.+ H_{up} - EL.+ H_{sip}$, untuk bendung Konvensional

k. Bila tubuh bendung tipe Gergaji dibuat dari materil beton bertulang, maka

berat konstruksi akan kecil / ringan, sehingga sangat cocok dibangun di lapangan dengan kondisi tanah yang relatif lembek, dengan fundasi dilengkapi cerucuk kayu dolken

2. Persyaratan Khusus untuk Desain Bendung dan Pelimpah tipe Gergaji

a. *Persyaratan umum* yang harus diberlakukan pada desain Tubuh Bendung konvensional, harus diberlakukan pula pada desain Tubuh Bendung tipe Gergaji.

Hal ini berarti bahwa fungsi dan keamanan Bangunan dengan Kelengkapannya harus tercapai sesuai dengan yang direncanakan.

Semua gejala yang akan atau mungkin akan menimbulkan masalah negatif harus diperhitungkan dan diantisipasi antara lain dengan melengkapi Tubuh Bendung selengkap mungkin, disertai tersedianya *Aturan Peraturan* yang harus disiapkan untuk digunakan dengan taat dalam kegiatan *pelaksanaan, pengoperasian, pemeliharaan dan pengamanan*.

Adapun *kelengkapan tubuh bendung* yang harus dipasang untuk mengantisipasi *gejala-gejala bermasalah* yang harus diperhitungkan dalam desain Bangunan Air - Bangunan Air yang memerlukan Tubuh Bendung dapat dilihat pada Tabel terlampir -----

b. Agar Pelimpah Gergaji berfungsi sesuai dengan tujuannya, maka Elevasi mercu bendung $EL.+M_b$ harus didesain sedemikian sehingga aliran yang melewati pelimpah benar-benar merupakan aliran sempurna (*volkomen - perfect flow*).

Muka air diruang olakan dihilir mercu tubuh bendung Gergaji ($= EL.+ H_{im}$) dan muka air sungai atau saluran dihilir Bangunan Bendung ($= EL.+ H_{is}$) tidak boleh sedemikian tinggi sehingga mempengaruhi kapasitas

pelimpahan karena aliran menjadi tidak sempurna (*onvolkomen – unperfect flow*)

- c. Mengingat elevasi muka air sungai dihilir Bangunan Bendung akan bisa lebih tinggi kalau terjadi agradasi dasar sungai atau pasang dan kenaikan muka air laut (panas bumi) maka kemungkinan terjadinya gejala-gejala bermasalah tersebut harus benar-benar diperhitungkan dalam menentukan elevasi mercu tubuh bendung
- d. Elevasi lantai olakan dihilir mercu bendung tipe Gergaji ($= EL.+ H_{lim}$) jangan didesain terlalu tinggi, sedemikian rupa sehingga aliran yang melimpah diatas mercu menjadi tidak sempurna. Peninggian $EL.+ H_{lim}$ ini menimbulkan pula tinggi terjun yang harus diperhitungkan untuk desain Peredam Enenergi Bangunan Bendung ($= Z_{gf}$) menjadi lebih besar, meskipun ditinjau dari kekuatan struktur tubuh bendung akan lebih menguntungkan).

CONTOH DESAIN HIDRAULIS BENDUNG / PELIMPAH TIPE GERGAJI

1 Contoh Desain Hidraulis Tubuh Bendung tipe Gergaji

Contoh Desain yang dsampaikan disini ialah untuk Tubuh Bendung tipe Gergaji sebagai komponen Bangunan Utama Bendung

2. Data dan Informasi yang telah diketahui / ditentukan terlebih dahulu:

- a. Gambar Geometri Badan Sungai (GBS)

Dari gambar situasi sungai dan potongan-potongan melintang badan sungai diperoleh informasi:

- (1) Lika-liku *alur sungai dominan* dengan lebar rata-rata alur penuh $= B_{ap} = \pm 120$ m
- (2) Alinyemen Tubuh Bendung telah ditentukan

- (3) Elevasi dasar sungai rata-rata pada sumbu bendung $= EL.+ H_{is} = EL.+ 4.00$ dan elevasi rata-rata bantaran $= EL.+ F_{l} = EL.+ 18.00$ dan tinggi air pada debit alur penuh $H_{si} = D_2 = 4.00$ m

- b. Telah dibuatkan Lengkung debit Sungai dan dihitung bahwa besar debit alur penuh ($= Q_{ap}$) = 800 m³/det
- c. Elevasi mercu Tubuh Bendung telah ditentukan ($= EL.+ M_b$) = $EL.+ 19.50$ berdasarkan kebutuhan akan tinggi terjun (*head*) untuk pembilasan sedimen dari sungai di Undersluice dan Sediment-Trap serta untuk pengaliran keseluruh Jaringan Pengairan dengan Lahan Irigasinya.

Catatan:

Elevasi mercu = $EL.+ 19.50$ itu harus didesain lebih tinggi dari elevasi muka air pada Q_f yang diambil ($= EL.+ H_{sf}$), untuk memenuhi syarat bahwa aliran melalui mercu bendung adalah sempurna

- d. Gambar Intake dengan Undersluicenya dan Sediment-Trap dengan pembilasnya dan Offtake kesaluran Induk telah tersedia
- e. Telah ditentukan bahwa Debit Desain Banjir total (Q_f) = 1200 m³/det

Dan dari Lengkung debit sungai untuk potongan dihilir Bangunan Bendung, diperoleh tinggi air mencapai $EL + 18.55$

Debit Desain Penggerusan / Pengendalian Morfologi Sungai (Q_p) = 800 m³/det, dengan elevsi muka air $= EL.+ H_{sip} = EL.+ 17.80$

Dianggap pada saat Undersluice ditutup debit sungai dialirkan semua melewati mercu pelimpah bendung.

3. Tugas:

Desainlah Tubuh Bendung dengan Kelengkapannya

Output: Gambar-gambar Teknis Desain Hidraulis dilengkapi Nota-Nota

4. Proses Desain

- a. Pengecekan $EL.+ Mb = EL.+ 19.50$ harus $\geq EL.+ Hsf$

Dari Lengkung debit sungai (yang harus dipersiapkan terlebih dahulu) diperoleh elevasi muka air pada $Q_f = 1200 \text{ m}^3/\text{det}$ mencapai $EL + 18.55 \leq EL.+ 19.50$ ----> OK, dapat diterima (aliran melalui mercu pelimpah bendung akan bersifat sempurna)

- b. Penentuan lebar pelimpah bendung tipe Gergaji Bd

Untuk tubuh bendung konvensional dengan cara *pendekatan Empirik-Pengalaman* maka lebar Bdo biasanya diambil = (1.00 @ 1.20) Bap

$$Bdo = (1.00 @ 1.20) \times 120 = (120 @ 144) \text{ m}$$

Namun untuk tipe Gergaji dapat diambil $\leq Bap = 120 \text{ m}$

Untuk menyediakan tempat alur untuk pengalihan aliran pada saat pelaksanaan dengan bendung Gergaji Bd dapat diambil $\leq 120 \text{ m}$ misalnya 80 m dan sisanya selebar = 40 m untuk saluran pengelak

$$Bd = 80.00 \text{ m}$$

- c. Penentuan jumlah gigi Gergaji Ng yang optimal

Pergunakanlah **Grafik MDG - 1** (yang berlaku di model dengan lebar saluran = $Bdm = 1.00 \text{ m}$)

Agar Grafik MDG - 1 tersebut dapat dipakai untuk diprototipe, maka $Bd = 80 \text{ m}$ harus ditrasfer ke model dengan:

$$\text{Skala geometri struktur dan hidraulis} = Nh = Bd / Bdm = 80 / 1 = 80$$

$$\text{Skala debit} = Nq = (Nh)^{5/2} = 80^{5/2}$$

$$\text{Debit Desain Banjir} = Q_f = 1200 \text{ m}^3/\text{dt} \text{ (di prototipe)}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit Desain Banjir di model} &= \\ Q_{fm} = Q_f / Nq &= 1200 / 80^{5/2} = \\ 0.021 \text{ m}^3/\text{det} &= 21 \text{ l/det} \end{aligned}$$

$$\text{Debit Desain Penggerusan} = Q_p = 800 \text{ m}^3/\text{dt} \text{ (di prototipe)}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit Desain Penggerusan di model} &= \\ Q_{pm} = Q_p / Nq &= 800 / 80^{5/2} = \\ 0.014 \text{ m}^3/\text{det} &= 21 \text{ l/det} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan **Grafik MDG - 1** perlu dibuat **Grafik MDG - 1A** yang menyatakan hubungan antara jumlah gigi (N_g) dengan H_u untuk $Q_{fm} = 21 \text{ l/det}$

Bila diambil jumlah gigi $N_g = 4$, maka $H_{um} = 0.0337 \text{ m}$ (model) atau

$$H_u = 80 \times 0.00337 = 2.69 \text{ m di protitipe}$$

Sedangkan untuk $Q_p = 800 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $N_g = 4$, $Q_{pm} = 0.014 \text{ m}$, diperoleh = $H_{um} =$

Untuk bendung lurus dengan $Q_f = 1200 \text{ m}^3/\text{det}$ dan $Bd = 80 \text{ m}$, maka dari **Grafik MDG - 1A** diperoleh $H_{uo} = 5.31 \text{ m}$

- d. Penentuan elevasi lantai olakan dihilir mercu tubuh bendung **EL.+ Hlim**

Dengan lebar ambang perletakkan tubuh bendung Gergaji selebar = $Bd = 80 \text{ m}$, maka $(EL.+ Hlim)$ maksimum adalah $EL.+ Mb$ dikurangi tinggi air diatas lantai olakan (= H_{im}) yang besarnya $\approx H_{uo} = 5.31 \text{ m}$

$$\begin{aligned} (EL.+ Hlim) \text{ maksimum} &= EL.+ \\ (19.50 - 5.31) &= EL.+ 14.19 \text{ ----} \\ \text{Ambil } EL+ 14.00 &\text{ (hampir = elevasi dasar sungai)} \end{aligned}$$

- e. Penentuan Peredam Enersi dan tembok sayap dihilir Bangunan Bendung

Disayangkan bahwa sampai belum dicarikan dimensi Peredam Enersi untuk Tubuh Bendung tipe Gergaji ini.

Selama ini peredam enersi yang dipakai untuk Bangunan Bendung tipe Gergaji adalah tipe MDO yang berlaku untuk Bendung biasa dan ternyata pra desain hidraulisnya bila dites dengan model, selalu hasilnya cukup memuaskan bahwa peredam enersi MDO dapat menanggulangi masalah penggerusan dihilirnya..

Dalam penentuan dimensi peredam enersi untuk bendung tipe Gergaji, dianggap bahwa air melimpah dengan $H_u = H_{up}$ dari mercu bendung kehilir seperti untuk tubuh bendung tipe MDO yang telah biasa dipakai.

$$EL+ H_{uf} = EL$$

Ketentuan yang dipergunakan untuk menentukan dimensi peredam Enersi

- Debit Desain $Q_p = Q_{ap} = 800 \text{ m}^3/\text{det}$
- Elevasi muka air diudik bendung Gergaji = $EL+ M_b + H_{up} = EL+ (19.50 + 1.97) = EL+ 21.47$
- Elevasi muka air sungai dihilir Bangunan Bendung = $EL+ 17.80$

Akibat pembendungan dianggap akan terjadi degradasi dasar sungai dihilir Bangunan Bendung yang menurunkan muka air sungai sebesar 2.00 m (KP – Irigasi 1986), maka $EL+ H_{isp}$ menjadi $EL+ (17.80 - 2.00) = EL+ 15.81$

$$\rightarrow \text{Tinggi terjun } Z_{gp} = (EL+21.47 - EL+ 15.81) = 5.66 \text{ m}$$

$$q_p = Q_p / B_d = 800 / 80 = 10 \text{ m}^3/\text{det}/\text{m}'$$

$$\text{Koefisien Enersi MDO} = E = q_p / [g * (Z_{gp})^3]^{1/2} = 10 / [9.81 * (5.66)^3]^{1/2} = 0.24$$

Dari **Grafik MDO - 1** dengan harga $E = 0.24$ diperoleh harga $D_s / D_2 = 2.1$

Dan dengan $D_s = H_{sip} = 4.00 \text{ m}$ diperoleh $D_s = 2.1 * 4.00 = 8.40 \text{ m}$

$$\text{Elevasi atas Lantai Peredam Enersi} = EL+ D_s = (EL+ M_b) - 8.40 = EL+ (19.50 - 8.40) = EL+ 11.10$$

Dari **Grafik MDO - 2** dengan harga $E = 0.24$ diperoleh harga $L_s / D_s = 1.52$

$$\text{Panjang lantai Peredam Enersi} = L_s = 1.52 * 8.40 = 12.77 \text{ m} ; \text{Ambil } L_s = 13.00 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi ambang hilir Peredam Enersi} = a = 0.2 * D_2 = 0.80 \text{ m} ; \text{Ambil } a = 1.00 \text{ m}$$

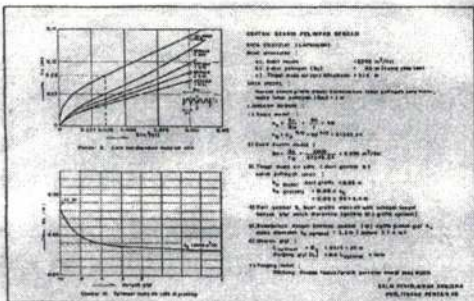
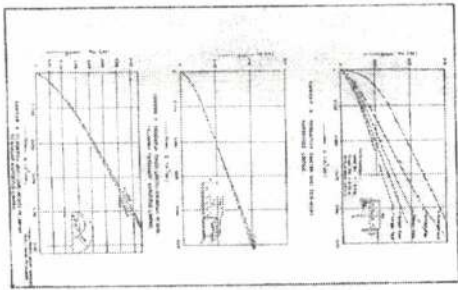
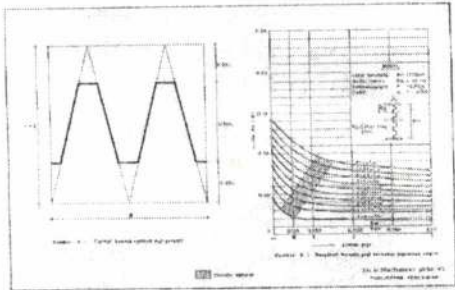
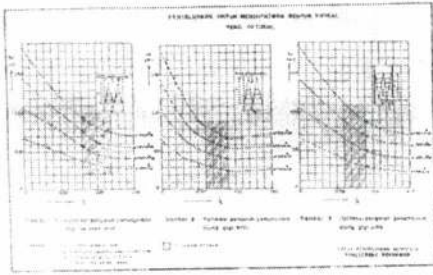
$$\text{Lebar ambang hilir Peredam Enersi} = 2 * a = 2.00 \text{ m}$$

Dihilir Peredam enersi dan dikaki tembok sayap hilir bendung dipasang tumpukan **riprap** batu gelundung dengan diameter (0.30 @ 0.40) m atau blok beton buatan

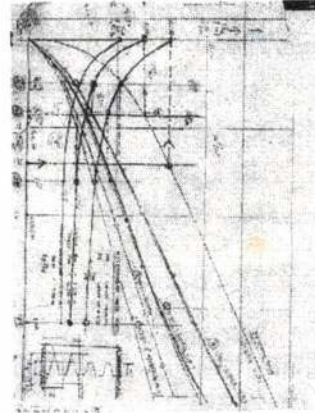
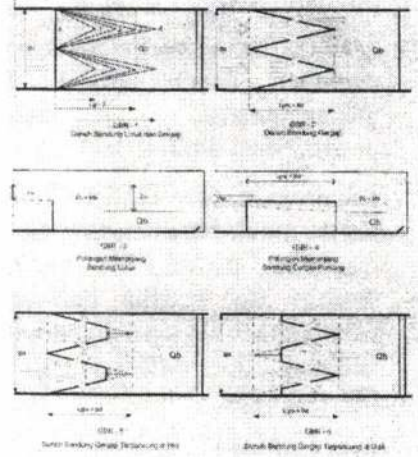
Selanjutnya bentuk dan dimensi hidraulis Tembok Sayap Hilir ditentukan sesuai dengan Petunjuk Desain Hidraulis Tubuh Bendung tipe MDO (Bahan SKSNI yang telah dikonsensuskan).

4. Pembuatan Gambar-gambar Desain Hidraulis (Tipikal)

(Lihat di Lampiran Gambar-gambar)



DAMBAR BENDING DAN PELMIPAH
GEMPA



PENGUNAAN *NATRIUM CLORIDE* (NaCl) SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN PENGANTI *NIKEL CLORIDE* (NiCl₂) PADA PROSES PELAPISAN NIKEL

Oleh :

Adi Ganda Putra, Pawawoi
Jurusan Teknik Metalurgi-Fakultas Teknik UNJANI

ABSTRAK

Pelapisan nikel mengkilap (Bright Nickel Electroplating) merupakan salah satu pelapisan yang banyak dipakai di Industri-industri kecil baik berupa sebagai lapisan dasar maupun untuk lapisan akhir. Kendala utama yang dihadapi adalah bahan-bahan larutan yang relatif mahal dan keberadaannya di pasar yang terbatas. Salah satu bahan yang mahal adalah NiCl₂ dengan penggunaannya yang relatif lebih besaar dibanding bahan yang lainnya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dapat atau tidaknya digunakan NaCl sebagai bahan pengganti dari NiCl₂ dengan menggunakan kondisi pelapsisan yang konstan (temperatur, rapat arus, dan pH semua konstan). Dari hasil penelitian didapatkan bahan NaCl dapat menggantikan NiCl₂ dengan melihat tampak rupa, ketebalan, kekerasan dan daya lekat dari lapisan. Dari tampak rupa lapisan kedua-duanya menghasilkan lapisan mengkilap dengan ketebalan yang hampir sama ($\pm 56,3 ; 50,1 \mu\text{m}$), kekerasan yang tidak jauh berbeda (534,3 ; 518,8 HK) serta daya lekaat lapisan yang maskimal (tidak mengelupas).

PENDAHULUAN

Pelapisan nikel dengan menggunakan arus listrik (*nikel electroplating*) merupakan salah satu pelapisan yang paling banyak digunakan dalam industri sebagai hasil akhir atau lapis dasar untuk proses pelapisan selanjutnya. Industri otomotif yang paling banyak memakai proses ini, khususnya untuk perlengkapan yang membutuhkan tampak rupa yang lebih indah. Disamping itu, pada bagian bagian tertentu dari perlengkapan sehari-hari juga menggunakan proses ini berfungsi untuk meningkatkan tampak rupa dari barang tersebut seperti perlengkapan-perengkapan tas, mainan dan lain-lain serta melindungi dari gesekan, kerusakan dan korosi seperti pada barang-barang elektronik.

Dari berbagai jenis larutan yang digunakan pada proses pelapisan nikel, larutan Watt's (*Watt's bath*) yang paling banyak digunakan, khususnya untuk lapisan nikel yang mengkilap (*bright nikel*). Komposisi larutan Watt's terdiri atas : NiSO₄ (*Nikel Sulfat*), NiCl₂ (*Nikel Cloride*), H₃BO₃ (*Borid Acid*) dan *brightener*

Penggunaan larutan Watt's pada industri-industri pelapisan khususnya industri kecil masih terpaku pada komposisi standar yang menimbulkan kesulitan tersendiri bagi insutri itu sendiri tersebut. Bahan-bahan impor

masih mendominasi pada pembuatan larutan watt's sehingga ongkos produksi tinggi. Tingkat ketergantungan pada bahan-bahan tersebut yang tinggi menyebabkan proses pelapisan nikel sering menimbulkan masalah bila salah satu bahan tersebut tidak ada. Diantara bahan pendukung tersebut adalah NiCl₂ yang memiliki jumlah cukup besaar sekitar 15% dari total bahan yang dibutuhkan.

Nikel Cloride (NiCl₂) merupakan salah satu bahan yang dibutuhkan untuk proses pelapisan yang berfungsi sebagai zat yang menyebabkan ion Ni⁺⁺ dapat bergerak ke logam yang dilapis. Karena jumlah yang terlarut tidak terlalu besar, dalam reaksi sering tidak dijelaskan keberadaannya karena adanya NiSO₄. Ion Ni yang lepas dari penguraian NiSO₄ akan bergerak ke katoda sedang ion SO₄ akan bereaksi dengan anoda (plat nikel) untuk membentuk larutan NiSO₄. Karena adanya proses tersebut, dimana tanpa adanya NiCl₂ proses proses pelapisan akan tetap berlangsung, maka dapat dianggap keberadaan NiCl₂ dalam larutan elektrolit dapat digantikan dengan bahan lain yang memiliki gugus klor (Cl). Dari beberapa bahan yang bergugus klor, yang sering dijumpai adalah NH₄Cl dan NaCl. Dengan mempertimbangkan dampak lingkungan untuk

limbah dan harga, maka NaCl merupakan alternatif yang paling cocok.

METODE PEMBAHASAN

Penelitian diawali dengan pengujian komposisi kimia dari sample yang akan digunakan. Kemudian sample tersebut dilapisi dengan berbagai kondisi yang diinginkan. Hasil lapisan dari berbagai kondisi tersebut dilakukan pengujian yang meliputi pengujian tampak rupa,

daya lekat, kekerasan lapisan dan keebalan lapisan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Komposisi Kimia sample

Data dan hasil pengujian komposisi kimia ditunjukkan pada tabel 1 di bawah ini:

Pengujian Tampak Rupa Lapisan

Hasil pengujian tampak rupa dari lapisan nikel adalah seperti pada tabel 2 di bawah ini:

Tabel 1. Data komposisi kimia sampel

No.	UNSUR	simbol	STANDAR SAE 1005	HASIL PENGUJIAN
1.	Karbon	C	≤ 0,06	0,0293
2.	Silikon	Si	≤0,10	0,0214
3.	Mangan	Mn	≤ 0,35	0,2626
4.	Phospor	P	≤ 0,04	0,0282
5.	Sulfur	S	≤0,05	0,0062
6.	Tembaga	Cu	-	0,0780

Tabel 2. Pengaruh Konsentrasi Natrium Klorida (NaCl) terhadap Tampak Rupa Lapisan Nikel dengan waktu pelapisan 15 menit, Rapat arus = 3 A/dm²

Konsentrasi NaCl (gr/l)	Tampak Rupa Lapisan		
	I	II	III
0	B*	B	B
10	B	B	B
30	B	B	B
40	B	B	B

Keterangan:

B* = Lapisan mengkilap, agak kasar,

B = Lapisan mengkilap

Tabel 3. Pengaruh Konsentrasi Natrium Klorida (NaCl) terhadap Daya Lekat Lapisan Nikel dengan waktu pelapisan 15 menit, Rapat arus = 3 A/dm²

Konsentrasi NaCl (gr/l)	Daya Lekat Lapisan		
	I	II	III
0	TK	TK	TK
10	TK	TK	TK
30	TK	TK	TK
40	TK	TK	TK

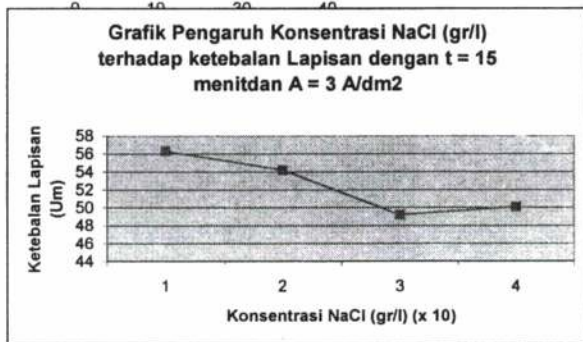
Keterangan : TK = Terkelupas , TTK = Tidak Terkelupas

Pengujian Ketebalan Lapisan

Pengujian ketebalan Lapisan menggunakan alat Mesurescope MM II-Nikon dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Pengaruh Konsentrasi Natrium Klorida (NaCl) terhadap Ketebalan Lapisan Nikel dengan waktu pelapisan 15 menit, Rapat arus = 3 A/dm²

Konsentrasi NaCl (gr/l)	Ketebalan Lapisan (µm)			Rata-Rata
	I	II	III	
0	52,63	50,6	65,67	56,3
10	50,93	73,2	39,42	54,2
30	60,3	38,3	48,97	49,2
40	75,1	34,57	40,56	50,1



Pengujian Kekerasan

Pengujian Kekerasan menggunakan alat uji Micro Hardness Knoop dengan hasil sebagai berikut:

Pembahasan

Dari hasil pengujian komposisi kimia sample didapatkan sesuai dengan standar SAE 1005

Hasil pengujian tampak rupa lapisan menunjukkan hasil lapisan mengkilap secara umum. Ini menunjukkan bahwa penggunaan NaCl dapat menjadi bahan pengganti dari Ni Cl₂ dengan melihat tampak rupa dari konsentrasi NiCl₂ 100% dan NaCl 100% (lihat tabel 2).

Pada kondisi NiCl₂ 100 % didapatkan lapisan mengkilap namun permukaan agak kasar pada permukaan sisi yang tajam. Hal ini terjadi karena :

- a. temperatur
- b. Rapat arus

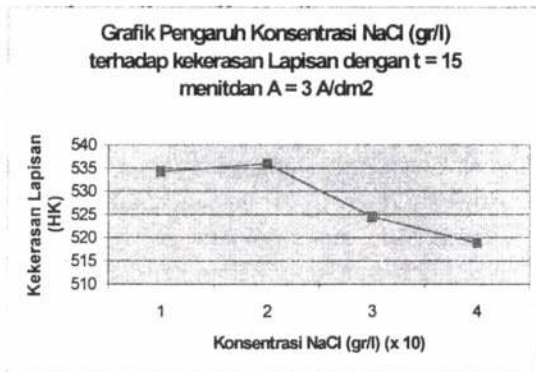
Kedua factor ini terjadi karena proses awal dengan temperatur dan arus yang cukup tinggi sehingga menyebabkan perpindahan ion-ion nikel berlebihan sehingga permukaan menjadi kasar.

Hasil pengujian ketebalan lapisan menunjukkan lapisan dengan menggunakan NiCl₂ ketebalan rata-rata ± 56,3 µm sedangkan lapisan yang menggunakan larutan NaCl memiliki ketebalan ± 50,1 µm . Walaupun perbedaan tidak terlalu besar, namun hal ini dapat dijelaskan bahwa dengan digantikannya NiCl₂ menyebabkan ion Ni berkurang. Hal ini dapat ditunjukkan dengan reaksi berikut:

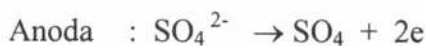
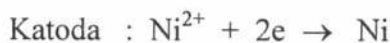
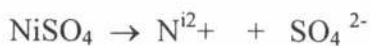
Dari reaksi di atas pengendapan ion Ni dengan larutan NaCl hanya disuplai

Tabel 5. Pengaruh Konsentrasi Natrium Klorida (NaCl) terhadap Kekerasan Lapisan Nikel dengan waktu pelapisan 15 menit, Rapat arus = 3 A/dm²

Konsentrasi NaCl (gr/l)	Kekerasan Lapisan (HK)			Rata-Rata
	I	II	III	
0	519,2	522,92	560,7	534,3
10	521,18	537,9	548,6	535,9
30	519,82	509,8	543,72	524,5
40	551,92	497	507,86	518,8



Larutan dengan NaCl



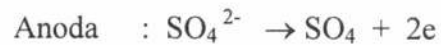
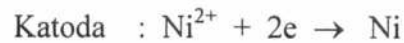
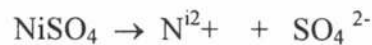
dari NiSO₄ saja sehingga ketebalan lapisan tidak sama.

Hasil kekerasan pada tabel 5. menunjukkan kekerasan rata-rata untuk lapisan dengan menggunakan larutan NiCl₂ adalah 543,3 HK sedangkan dengan NaCl 518,8 HK. Karena kekerasan lapisan nikel ± 500 s/d 600 HK maka kekerasan lapisan nikel dengan larutan NaCl dapat dicapai.

Hasil pengujian daya lekat pada tabel 4 menunjukkan lapisan dengan menggunakan larutan NiCl₂ dan NaCl memiliki daya lekat yang secara umum baik (tidak terkelupas). Walaupun pada kondisi pertama lapisan yang dihasilkan terkelupas namun dapat dijelaskan

Reaksi yang terjadi :

Larutan dengan NiCl₂



bahwa lapisan yang kasar akan cenderung getas sehingga waktu dibengkokkan akan terkelupas. Selain itu juga dipengaruhi oleh persiapan permukaan dari spesimen dimana apabila ada pengotor baik berupa debu maupun lemak yang belum bersih akan mempengaruhi daya lekat lapisan.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Pengujian komposisi kimia sample sesuai dengan standar SAE 1005
2. Penggunaan NaCl pada proses pelapisan nikel dapat digunakan untuk menggantikan NiCl₂ dengan melihat data :
 - a. Tampak rupa lapisan yang mengkilap
 - b. Ketebalan Lapisan 50,1 μm
 - c. Kekerasan Lapisan 518 HK
 - d. Daya lekat yang baik (Tidak Terkelupas)

Saran

1. Perlu dilihat lebih jauh pengaruh NaCl terhadap tingkat pengotoran larutan oleh ion Na⁺.
2. Perlu dicari variable proses yang sesuai untuk mendukung penggunaannya pada industri-industri kecil sehingga lapisan dapat maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. *Annual Book of ASTM Standards part 9, "Electrodeposited Coating, 1981 .*

2. Saleh Ashar, *Teknik Pelapisan Nikel MIDC*, Bandung, 1999.
3. Gabe. G.r., *Principles of Metal Surface Treatment and Protection 2nd edition*, Oxford, 1978.
4. Brenner.A, *Electrodeposition of Alloy, Principles and Aplication*, Newyork & London, 1963.
5. *SAE Handbook part 1*, 1980
6. Dibari, George, *Nickel Plating, Lea Ronald Product Guide*, 1984..

Pemimpin, Pengelola, Fasilitator

Disamping memimpin dan mengelola, masih ada peran penting yang ketiga

Oleh : Jahny Sast

Jurusan Teknik Industri-Fakultas Teknik UNJANI

RESENSI BUKU

Judul Buku : Managers as Facilitators

Tahun : 1997

Pengarang : Richard G, Weaver., John D, Farrel

Penerbit : Berrett-Koehler Publishers, Inc., San Fransisco, CA

Mengamati restrukturisasi yang dijalankan diberbagai perusahaan teknologi di seluruh dunia, kata kuncinya adalah beragamnya tantangan yang dihadapi oleh para manajer. Sebelum restrukturisasi, manajer masih dapat mengelola tenaga penjualan untuk beragam bidang, setelah restrukturisasi para manajer perlu merancang suatu pekerjaan pererjaan baru; mengelola orang-orang yang berasal dari fungsi-fungsi organisasi yang berbeda di dalam sebuah kelompok, seperti misalnya mereka yang merasal dari bagian penjualan, pemasaran, dan teknisi pelayanan.

Jika para manajer itu selalu berkata; "Perusahaan saya selalu mengelola kinerja perusahaan berdasarkan kontribusi individu, kini mereka harus mengatakan "Saya harus mengelola kinerja perusahaan berdasarkan kombinasi tujuan organisasi, kelompok, dan individu-individu.

Tugas baru manajer adalah memberi dukungan kepada orang per orang di dalam kelompok pada saat-saat sulit untuk mencapai kemajuan secara bertahap atas apa yang ditugaskan kepada kelompok-kelompok kerja yang di bentuk oleh sebuah perusahaan. "Tantangan yang paling sulit bagi seorang manajer masa kini adalah mempelajari bagaimana memfasilitasi satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya, kemudian membangun kepercayaan di antara anggota kelompok agar mereka dapat mengerjakannya dengan benar. Manajer kelompok kini dipandang sebagai figur yang mampu menciptakan pendapatan perusahaan, terutama pada tahun-tahun pertama setelah restrukturisasi.

Membantu kelompok untuk menyelesaikan berbagai pekerjaan dan memperbaiki cara kerja kelompok adalah peran baru yang dijalankan oleh manajer. Peran baru itu disebut sebagai fasilitator. Manajer menjalankan peran "do things right", pemimpin menjalankan peran "do the right things", sementara Fasilitator membantu karyawan untuk "to do things".

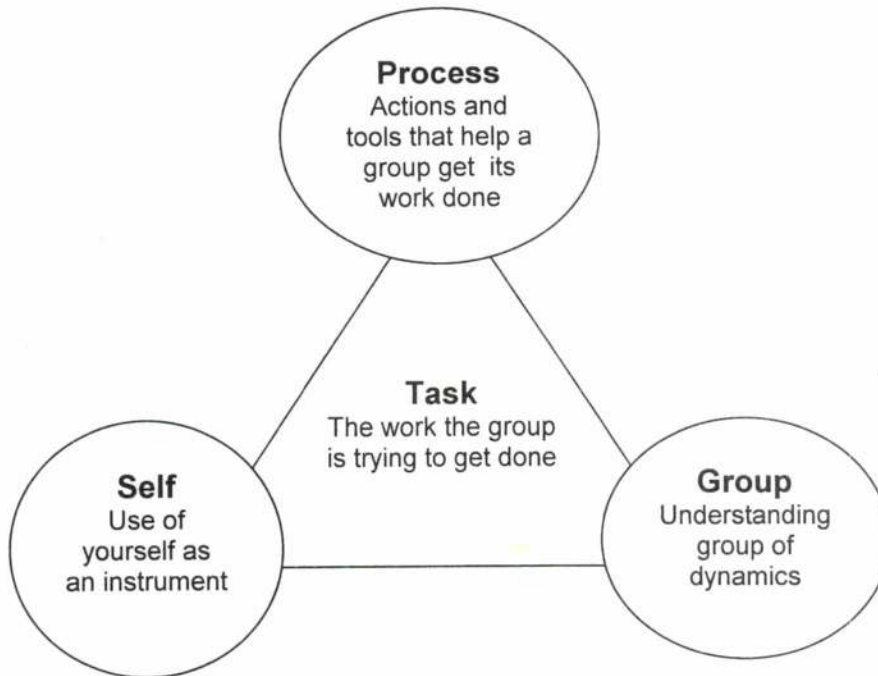
Apa peran terbaik yang dapat dijalankan pada situasi seperti itu ? Jika pekerjaan disusun atas dasar perintah langsung kepada kelompok, maka peran pimpinanlah yang terbaik. Karena di sana terdapat pembatasan pekerjaan, pendelegasian, dan batas waktu kapan pekerjaan harus diselesaikan. Sebaliknya jika pekerjaan itu sangat rumit, maka manajer harus memilih beberapa asisten sebagai pelengkap, sehingga peran fasilitator menjadi lebih baik.

Mengetahui kapan memilih peran sebagai fasilitator adalah sesuatu yang kritical. Jadi bagaimana melakukan hal itu dengan benar. Model fasilitator (lihat Gambar) akan memperlihatkan bagaimana memenuhi semua peran fasilitator untuk mencapai keberhasilan di dalam sebuah perusahaan. Gambar ini dapat dijadikan titik acuan praktis yang dapat dijalankan setiap hari untuk mencapai hasil yang diinginkan.

Fokus Pada Pekerjaan

Pekerjaan (*task*) adalah titik pusat dari model yang akan membantu kita menyelesaikan pekerjaan dan hal terpenting bagi fasilitator untuk menentukan,

apa yang harus dilakukannya. Jika kita mengingat satu hal, pastikan bahwa yang diingat adalah hal itu.



Gambar 1. Hubungan elemen-elemen kritikal dari model fasilitasi

Secara sederhana, kegagalan penyelesaian pekerjaan menjadi rintangan bagi kelompok. Pertimbangkan pengalaman berikut ini dari seorang manajer senior yang pernah menugaskan “pengembangan visi teknologi” bagi organisasinya. Dengan beban pekerjaan seperti itu, para manajer dari departemen lainnya memberi sumbang saran berupa daftar 60 gagasan.

Pada pertemuan berikutnya, anggota inti dari kelompok menyajikan rancangan tentang visi itu. Tanpa diduga banyak orang bereaksi tidak setuju, forum pertemuan menjadi ramai dengan pendapat pro dan kontra. Akibatnya pekerjaan tidak dapat diselesaikan. Karena forum tidak dapat menyetujui dua hal penting yaitu apa persisnya visi teknologi itu ?, bagaimana cara memakainya ?

Manajer senior kemudian memposisikan diri sebagai fasilitator dan menyarankan kelompok

mengambil alih pertanyaan itu. Kelompok merespon itu, untuk kemudian membuat visi baru.

Untuk membantu kelompok menuntaskan pekerjaan, sebaiknya periksa kembali apa yang diinginkan sebagai keluaran sejak tahap awal pekerjaan dimulai, ajukan sejumlah pertanyaan klarifikasi, dan cara untuk menyelesaikannya, sehingga anggota kelompok terikat dalam pekerjaan kelompoknya untuk memenuhi tujuan menyeluruh.

Alat Ukur adalah Diri Sendiri

Perangkat yang sangat ampuh bagi fasilitator adalah membiarkan dirinya larut dalam situasi mereka masing-masing. Faktor diri adalah salah satu elemen dari model. Fasilitator yang baik adalah mereka yang bisa memahami dirinya sendiri dan

mengetahui apa pengaruhnya bagi kelompok. Banyak fasilitator terkejut terhadap apa yang mereka temukan, bahwa apa yang diinginkan dengan apa yang dihasilkan adalah berbeda.

Seorang manajer pernah kehabisan akal, karena tiga dari delapan anggotanya selama lima kali pertemuan kelompok, tidak pernah berbicara sama sekali.

Kemudian ia melihat kembali catatan ketiga orang itu dan meminta mereka menceritakan pengalamannya sebelum bergabung dalam kelompok. Manajer itu teringat kembali pada suatu peristiwa beberapa tahun yang lalu, di mana ada seseorang melakukan mogok bicara selama satu bulan sampai akhirnya suatu hari marahnya tidak tertahankan lagi. Atas saran psikolog, ketiga orang itu dibiarkan bersikap seperti itu. Dengan bimbingan psikolog ketiga orang itu diminta mengingat kembali, apa yang menyebabkan mereka kebingungan bergabung dalam kelompok, ternyata karena tekanan mental dan pernah dimarahi oleh atasannya.

Dengan pengalaman itu, manajer menjadi semakin hati-hati dalam berbagi pengalaman dengan anggota kelompoknya. Disatu pihak ada rasa khawatir tetapi tidak mengurungkan niatnya menggali informasi sebanyak-banyaknya untuk melakukan perubahan.

Fasilitator memerlukan pemahaman atas dasar preferensi dirinya sendiri sebagai cara untuk memahami bagaimana dirinya berinteraksi dengan yang lain dan melindungi mereka dari agenda pertemuan yang dirasakan membingungkan.

Interaksi dan Konflik

Kelompok (*Group*) adalah elemen ketiga dalam model fasilitas. Dinamika kelompok adalah unik dan itu pula yang dapat membedakannya dengan kelompok lain, namun demikian, pembentukan dinamika ini sesungguhnya dapat diprediksi, asalkan fasilitator memahami bagaimana menciptakan dinamika kelompok yang berguna untuk membantu pekerjaan anggotanya menjadi lebih efektif.

Pemahaman dapat dilakukan jika fasilitator melakukan introspeksi. "Apakah saya pernah

melihat perilaku seperti itu sebelumnya di dalam kelompok yang lain? Fasilitator perlu belajar mengenali dinamika kelompok yang tipikal dan berbagi pengalaman sehingga di dalam kelompok tercipta suasana yang memungkinkan setiap orang dapat berbicara dalam suasana yang nyaman dan mendapat dukungan dari rekan-rekannya di dalam kelompok.

Pada saat yang sama, fasilitator harus tahu bagaimana menciptakan konflik dalam kelompok untuk memacu produktivitas kerja dan keunggulan kelompoknya.

Contoh kasus, seorang pemilik restoran sedang mencari jalan keluar atas konflik yang terjadi antara dua orang manajernya. Konflik bermula, ketika seorang manajernya mengusulkan beberapa menu baru, sementara keduanya bertugas mengawasi staf dan mengembangkan menu-menu baru.

Salah seorang dari mereka menyarankan agar menu yang dikembangkan dapat menaikkan penjualan restoran. Pemilik restoran tanpa sadar memerintahkan salah seorang manajernya untuk menunda keinginan itu. Merasa usulnya tidak dipandang sebelah mata oleh pemilik, manajer pengusul menuduh bahwa pemilik restoran menganaktirikan dirinya.

Pemilik restoran kemudian mencari jalan bagaimana caranya mengatasi situasi itu?, setelah diselidiki, ternyata manajer itu tidak pernah tahu apa yang menjadi ukuran keberhasilan dirinya.

Konflik itu sehat dan diperlukan oleh kelompok untuk memelihara kualitas pekerjaan dan menemukan beragam jawab atas berbagai masalah yang dihadapinya. Akan tetapi konflik juga dapat menjadi masalah yang serius, jika tidak diselesaikan secara efektif.

Efektivitas Fasilitasi

Elemen keempat atau elemen terakhir dalam proses ini, digambarkan bahwa fasilitator juga harus memahami dirinya sendiri sebelum membantu anggota kelompok menyelesaikan pekerjaan-pekerjaannya. Fasilitator menggunakan tiga proses dasar yang menekankan pada perkembangan alamiah kelompok, baik dalam perencanaan kerja, pemecahan masalah, dan penyelesaian pekerjaan. Dengan demikian, manajer dapat berharap banyak untuk meraih keluaran dari kelompok yang memfasilitasi proses itu.

Misalnya saja, seorang manajer dapat memfasilitasi organisasinya dua hari sebelum perencanaan bisnis dilakukan. Kelompok dapat dirancang dengan agenda yang fleksibel. Kemudian memasukkan teknologi atau metoda baru untuk mempercepat proses. Misalnya seorang anggota kelompok dipinjami laptop untuk membuat dokumen akhir, sementara anggota lainnya diberi tanggungjawab secara bergantian untuk memasukkan data.

Pada akhir hari pertama, kelompok mungkin menganggap jadualnya sangat ketat, Manajer perlu bertanya pada kelompok, "Apa yang sudah dicapai hari ini, dan bagaimana cara terbaik untuk menyelesaikannya?" Untuk menjawab pertanyaan ini, mungkin saja dapat dicari jalan keluar yang paling sederhana, lebih singkat waktu penyelesaiannya, dan lebih lengkap hasil yang dicapainya.

Di akhir sesi, mungkin ada seorang anggota kelompok yang berkomentar seperti "kita menjadi semakin baik dari hari ke hari dan telah membuat perbedaan yang besar"

Berhentilah Menjadi Pakar

Siapapun akan dengan mudah menempatkan diri sebagai pakar di dalam kelompok. Berikut ini ada sejumlah tips yang akan membantu kita untuk mengubah karakter pribadi ke dalam perilaku yang akan memberikan kontribusi lebih efektif terhadap kelompok untuk mencapai tujuan-tujuan organisasi.

Fasilitator yang efektif memiliki komitmen untuk bersikap :

- Bertanya daripada menggurui
- Menanyakan pendapat dari anggotanya daripada menawarkan pendapatnya sendiri
- Menempuh cara negosiasi dalam pengambilan keputusan daripada memaksakan keputusannya sendiri.
- Mendengarkan tanpa harus melakukan interupsi
- Membatasi emosinya jika situasi memaksanya
- Lebih persuasif daripada sekuensial
- Lebih antusias daripada sistematis
- Lebih suka bertindak sebagai penasihat daripada sebagai sersan
- Lebih suka sebagai pelatih daripada sebagai ilmuwan
- Tidak ingin eksklusif , lebih suka bersahaja
- Lebih mengutamakan kepentingan menyeluruh daripada kepentingan kelompoknya.

PETUNJUK BAGI PENULIS

1. Naskah belum pernah diterbitkan dalam media cetak lain, diketik dengan spasi rangkap pada kertas HVS (A4) menggunakan pengolah kata Microsoft Word (MS-Word), maksimal 15 halaman.
2. Artikel yang dimuat dalam Jurnal Teknik ini meliputi tulisan hasil penelitian, gagasan konseptual, kajian dan aplikasi teori, tinjauan konseptual, dan resensi buku dalam bidang sains & teknologi.
3. Artikel (hasil penelitian) memuat:
 - Judul
 - Nama Penulis(tanpa gelar akademik)
 - Abstrak (bahasa Indonesia/bahasa Inggris)
 - Kata-kata kunci
 - Pendahuluan (memuat latarbelakang masalah dan sedikit tinjauan Pustaka, serta masalah/tujuan penelitian).
 - Metode Penelitian
 - Hasil Penelitian
 - Pembahasan
 - Kesimpulan dan saran
 - Daftar Pustaka
 - Biodata Penulis
4. Artikel (konseptual/setara hasil penelitian) memuat:
 - Judul
 - Nama Penulis(tanpa gelar akademik)
 - Abstrak (bahasa Indonesia/bahasa Inggris)
 - Kata-kata kunci
 - Pendahuluan
 - Subjudul (sesuai dengan kebutuhan)
 - Penutup (kesimpulan dan saran)
 - Daftar Pustaka
 - Biodata Penulis
5. Artikel 2 (dua) eksemplar dan disketnya dikirim paling lambat 1 (satu) bulan sebelum bulan penerbitan kepada:

Redaksi Jurnal Teknik
Jl. Gatot Subroto PO BOX 807
Bandung
Tlp : (022)7312741
E-mail : moro@koran .com

6. Kepastian pemuatan atau penolakan naskah akan diberitahukan secara tertulis. Penulis yang artikelnya dimuat akan mendapat imbalan Rp 50.000,- dan I (satu) buah Jurnal Teknik sebagai bukti. Artikel yang tidak dimuat tidak akan dikembalikan, kecuali atas permintaan penulis.